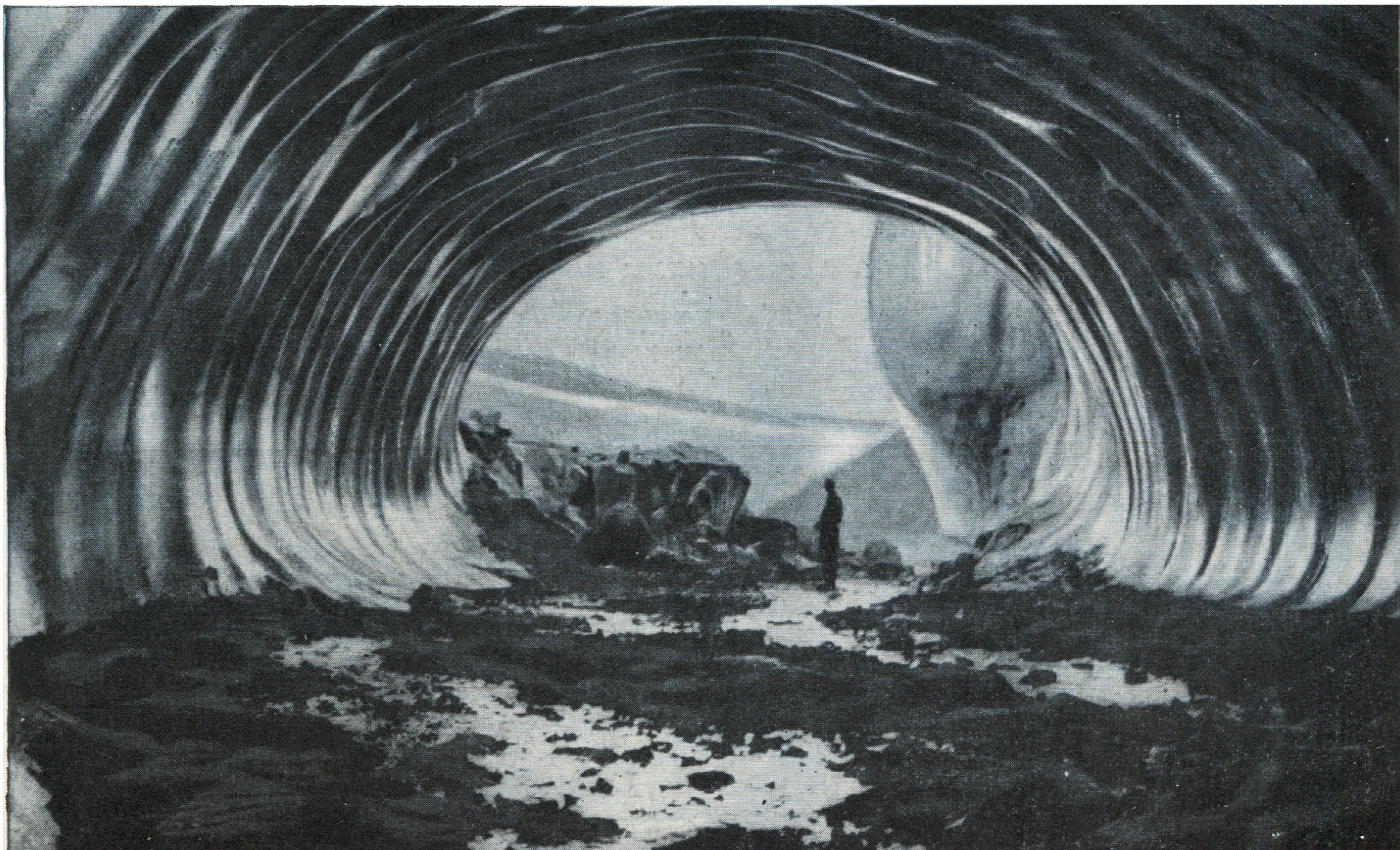




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

1

1971

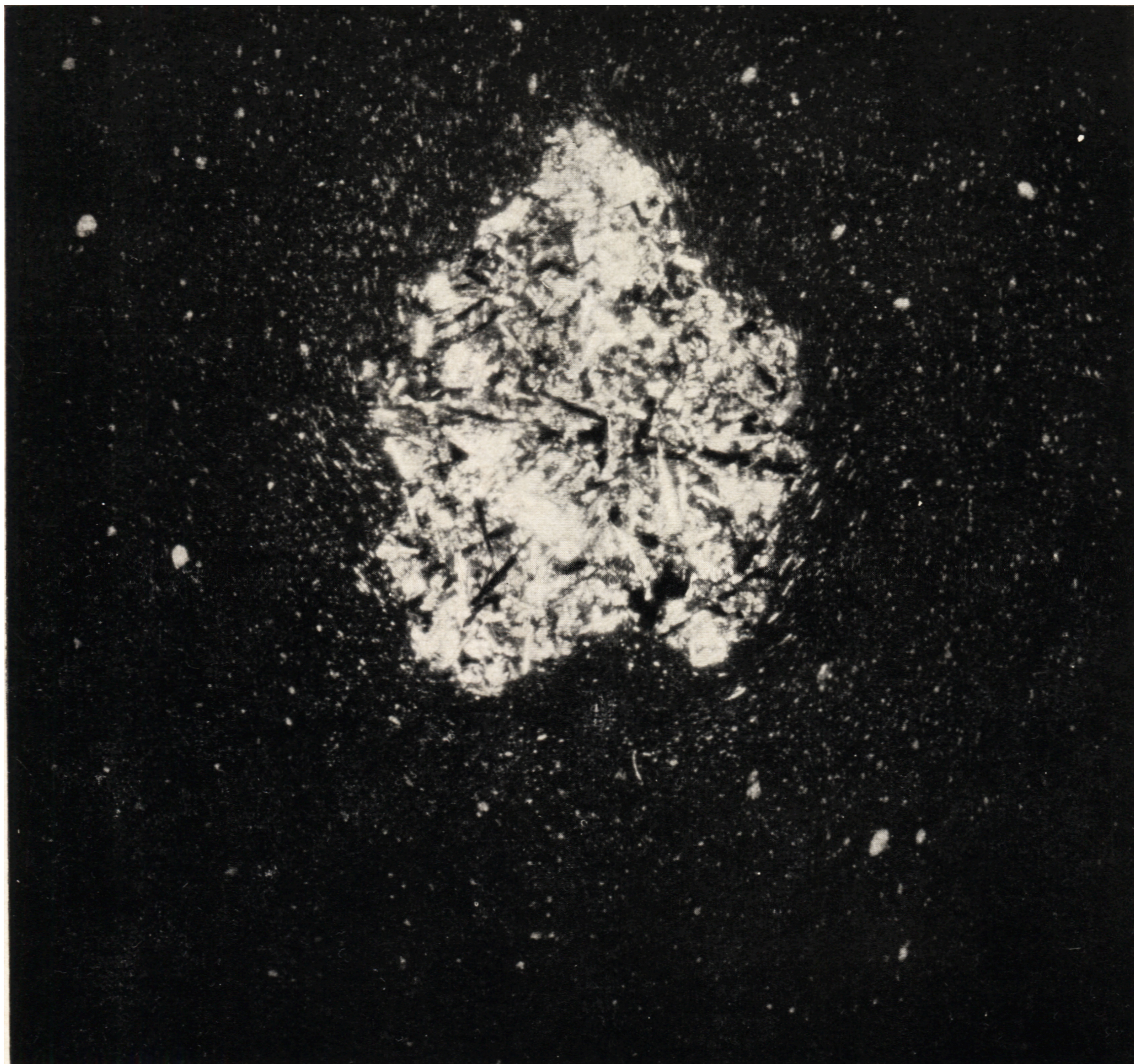
АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Страна Советов вступает в девятую пятилетку, идет на- встречу XXIV съезду Коммунистической партии Советского Союза. Мы твердо уверены в том, что советские люди ознаме- нуют съезд родной партии дальнейшим подъемом всенарод- ного социалистического соревнования, воспримут его реше- ния, как свое кровное дело, приложат все силы, знания, опыт для успешного претворения их в жизнь. В верности ленин- ским заветам, в руководстве Коммунистической партии — надежная гарантия новых великих побед.

(Из выступления Генерального секретаря ЦК КПСС Л. И. Брежнева 31 декабря 1970 г. по телевидению и радио).



Прозрачный шлиф лунного мелкозернистого базальта под микроскопом [в поляризованном свете]. Образец доставлен автоматической станцией «Луна-16»

Фото В. И. Шеффера и Ю. И. Стахеева

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



ЯНВАРЬ—ФЕВРАЛЬ

1 1971

Издательство «Наука»
Москва

В номере

Н. В. Шебакин — Парадоксы сильных землетрясений	4
А. М. Магомедов, Н. В. Шебакин, В. Н. Шолоп — Землетрясение в Дагестане	10
Д. Я. Мартынов — Что беспокоит астрофизиков	22
Л. С. Марочник, А. А. Сучков — Чем объясняется спиральная структура галактик	25
В. С. Латун — Апвеллинг	30
Н. С. Кардашев, Л. И. Матвеев — Исследования структуры радиосточников	36

ЛЮДИ НАУКИ

Сергей Николаевич Блажек (к 100-летию со дня рождения) . .	44
Евгений Георгиевич Швидковский	48

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Д. Я. Мартынов — XIV съезд Международного астрономического союза	49
Н. В. Пушкин — Ленинградский симпозиум по солнечно-земной физике	57

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

В. А. Черняк — Астрономический кружок Ясеновской средней школы	64
--	----

ФАНТАСТИКА

Артур Кларк — Стрела времени	66
--	----

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. А. Орлов — Советская космическая филателия	71
---	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

П. И. Бакулин — «История календаря и хронология»	78
Г. А. Лейкин — «География и геология» Марса	78

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

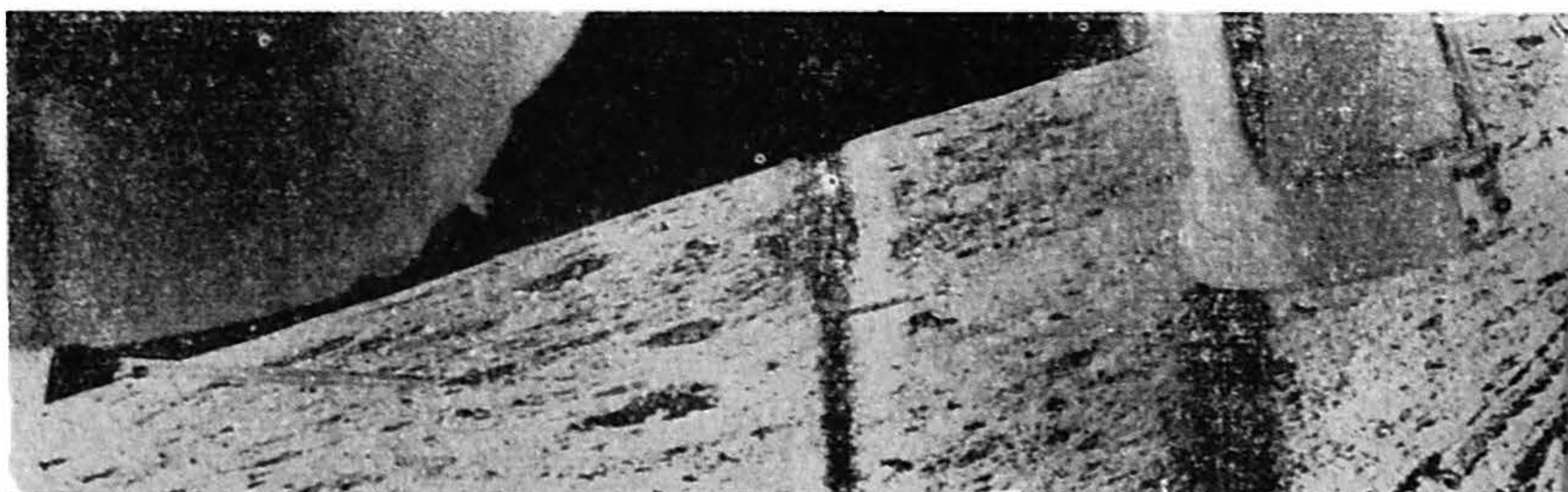
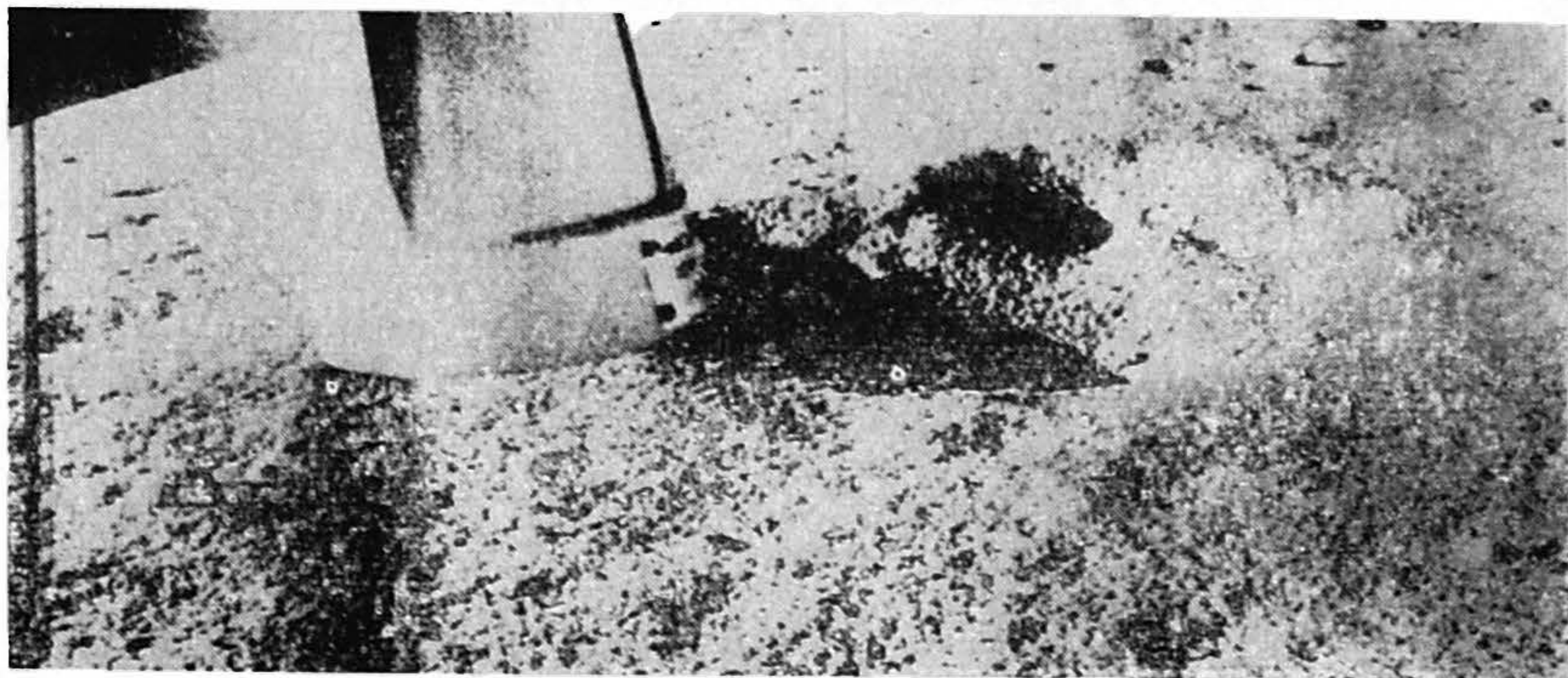
«Здравствуй, лунный камень!» [20]; Старейший лунный камень [23]; Комета Абе [23]; Кувалдой... по метеориту [24]; Новая программа по астрономии в школах ГДР [24]; Фобос не падает на Марс! [41]; Плата за удобства [42]; Ископаемый лед Гавайев [43]; Торнадо и атмосферное электричество [43]; Меркурий на диске Солнца [63]; Хроника землетрясений [74]; Спутники — агроному [76]; Осторожно... гипотезы! [79]

На обложке: 1-я стр. — Ледник «Метро» на Баренцевоморском побережье северного острова Новой Земли. Его длина 200 м, ширина в средней части 70, а в конечной — 85 м. Высота ледяных сводов превышает 10 м. В обрывах и пещере ледника четко прослеживаются 22 слоя голубого льда. (Фото Е. М. Зингера)

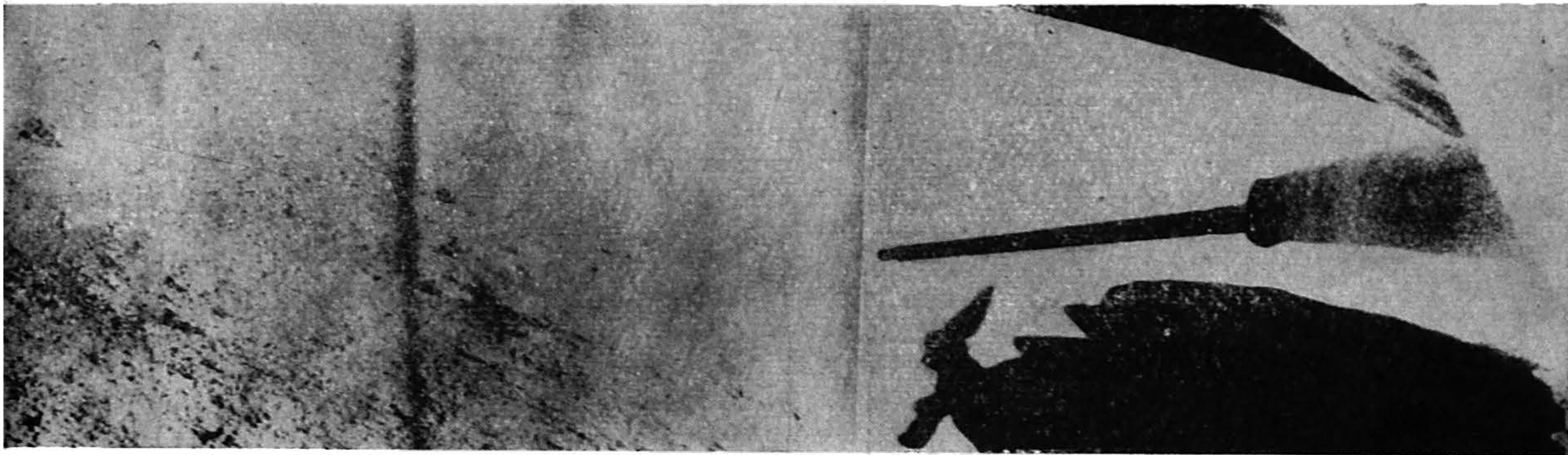
Панорамы, переданные самоходным

17 ноября 1970 г. советская автоматическая станция «Луна-17» совершила мягкую посадку на освещенную Солнцем поверхность Луны в районе Моря Дождей. В тот же день в 9 часов 28 минут по московскому времени автоматический самоходный аппарат «Луноход-1» приступил к выполнению обширной программы научно-технических экспериментов. Отрабатывались методы управления аппаратом с Земли. Проводились комплексные научные исследования по изучению физики Луны и космического пространства. Были получены изображения различных участков лунной поверхности.

18 января 1971 г. после завершения научных и навигационных экспериментов, а также ходовых испытаний автоматический аппарат «Луноход-1», пройдя по лунной поверхности около 3 600 м, вернулся к месту посадки станции «Луна-17».

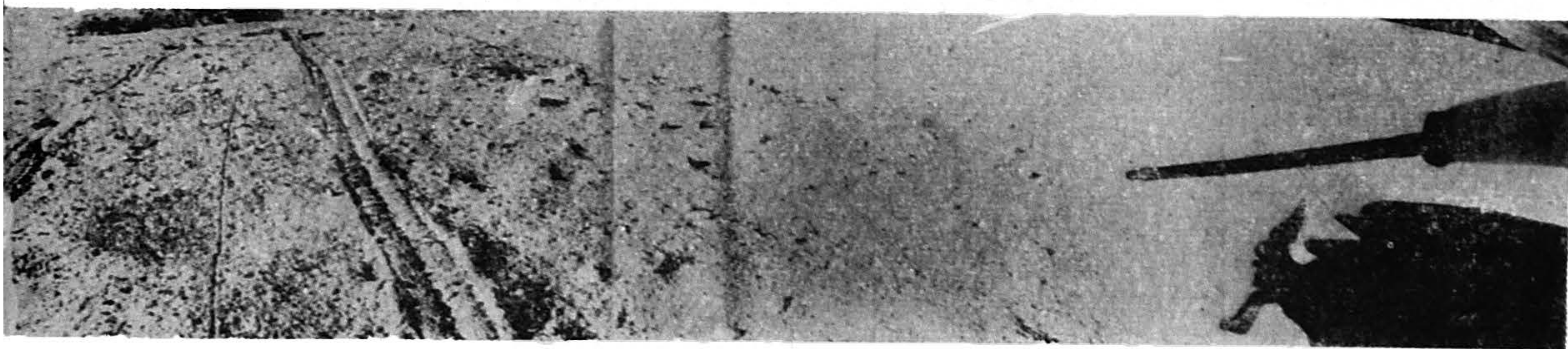


аппаратом «Луноход-1»



21 ноября 1970 г. Одна из первых лунных панорам, которую передал установленный на «Луноходе-1» телефотометр. Слева виден специальный прибор — определитель лунной вертикали, рядом с ним — кратер, справа — штыревая антенна и тень от лунохода

Фотохроника ТАСС



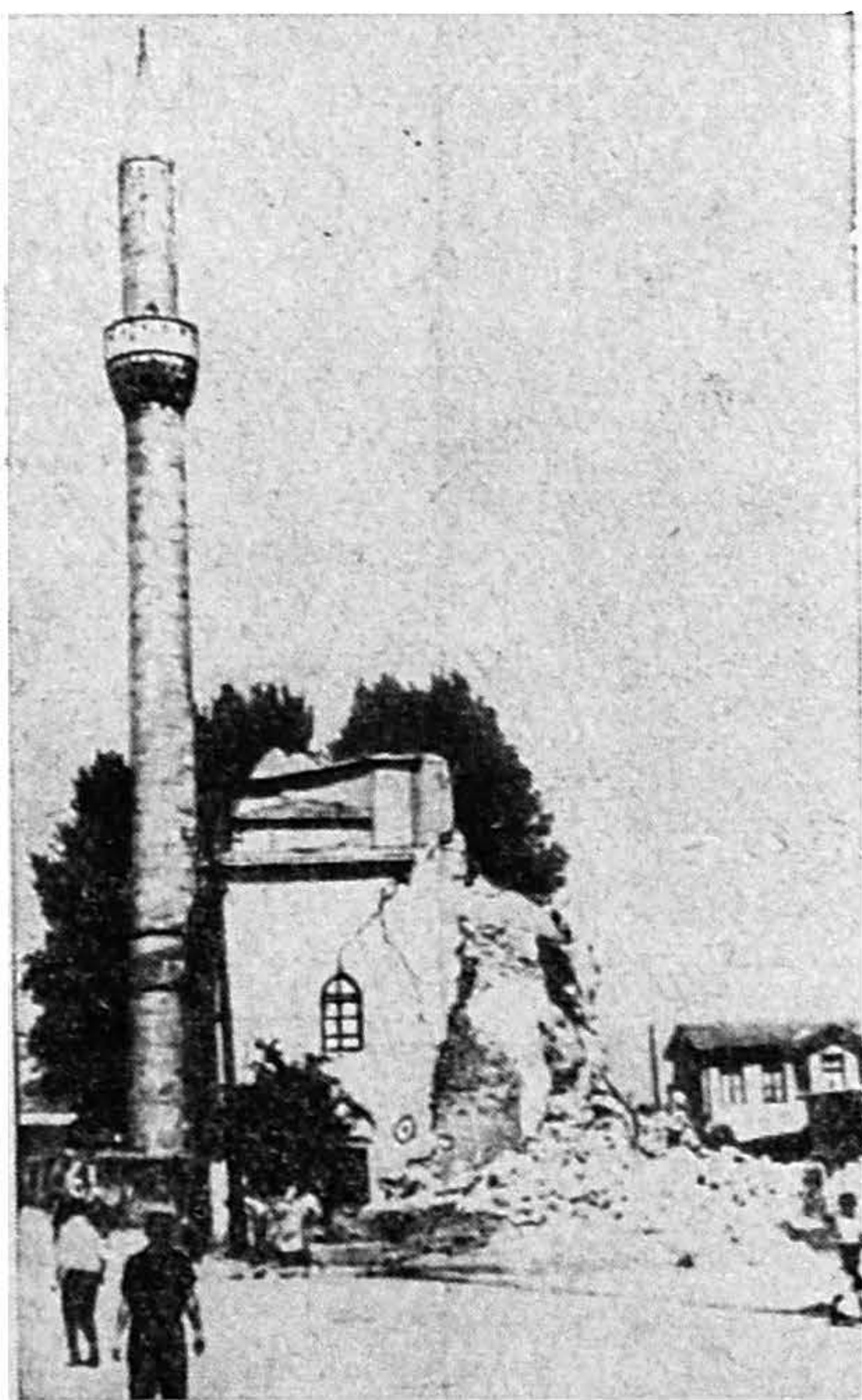
9 января 1971 г. Третий лунный день. Фрагмент панорамного снимка. Снимок сделан боковой панорамной телекамерой. В центре отчетливо видна колея, посередине которой прочерчена бороздка — след измерителя расстояния. На лунной поверхности заметно множество камней

Фотохроника ТАСС

Н. В. ШЕБАЛИН
доктор
физико-математических
наук

ПАРАДОКСЫ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сильные землетрясения — это разрушения на земной поверхности и жертвы, это — неожиданное, трудно рассчитываемое воздействие на дома, заводы и плотины, это — сложнейшие процессы длительного накопления и почти мгновенного выделения упругой энергии в огромной системе трещин в земной коре, занимающей объем в тысячи и десятки тысяч кубических километров. Сквозь трудности и противоречия, в трудах и борьбе гипотез создается на наших глазах новая отрасль сейсмологии, конечная цель которой — предотвращение землетрясений.



Наш век, кажется, помешался на парадоксах: кварки и квазары, возраст Луны и возраст человечества, ДНК и ЛСД... Где же в науке суровая строгость и мерная логическая поступь великих старцев прошлого? Все надо вывернуть, поставить с ног на голову, разъять на немыслимые элементы. А может быть иначе и нельзя, и все это — только грозный ропот природы на то, что ныне и мы, люди, сами становимся иными.

Вот и многолетняя любовь моя, горе мое и проклятие — сильные землетрясения. Я не могу рассказать о них просто, последовательно и спокойно, как мог бы говорить о звездах или о цветах. Потому что не отсветом голубоватых, белых и стареющих багровых лучей, не тонким эффектом вычурных молекул запаха являются они людям. Нет, землетрясения приходят в нашу жизнь быстрее, чем война, и неожиданнее смерти. Они врываются ревущим гулом недр и жуткой чередой ударов, содроганием незыблемой дотопе земли, скрежетом и грохотом обрушивающихся домов, клубами черной пыли, пожаром и страшным криком матерей, ногтями царапающих смертоносные камни.

Стой, остановись, ты, человек, ученый! Не смей кричать! Не вырони слезы. Мы здесь не для того, чтоб звать на помощь, а для того, чтобы понять, помочь. Ведь, если отступит наука, отговорится умными фразами, все объяснит, ничего не поняв, то завтра снова —

не Чили, так Аляска, не Агадир, так Баня-Лука — и навсегда?!

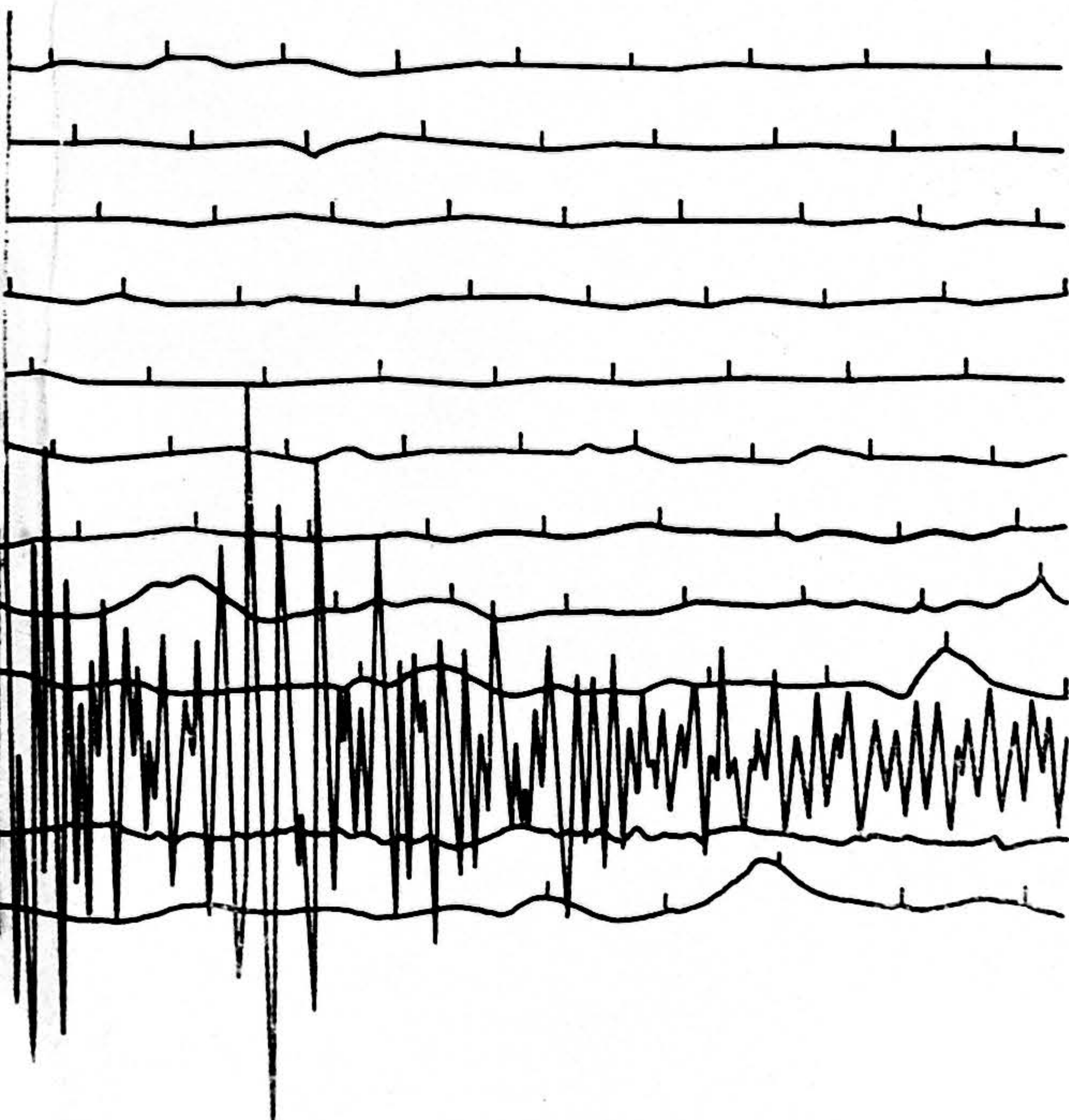
Что же можем мы, что знаем мы, сейсмологи, чья судьба до сих пор была... идти по печальным следам катастроф?

Серьезное изучение землетрясений началось давно — около ста лет назад, когда впервые отождествили странные возмущения магнитных приборов в Европе с далекой катастрофой в Японии. Макросейсмика — полевое изучение последствий сильных землетрясений — и инструментальная сейсмология пожали друг другу руки, поклялись в вечной привязанности и... почти забыли друг о друге. Это был первый и самый печальный парадокс в изучении сильных землетрясений.

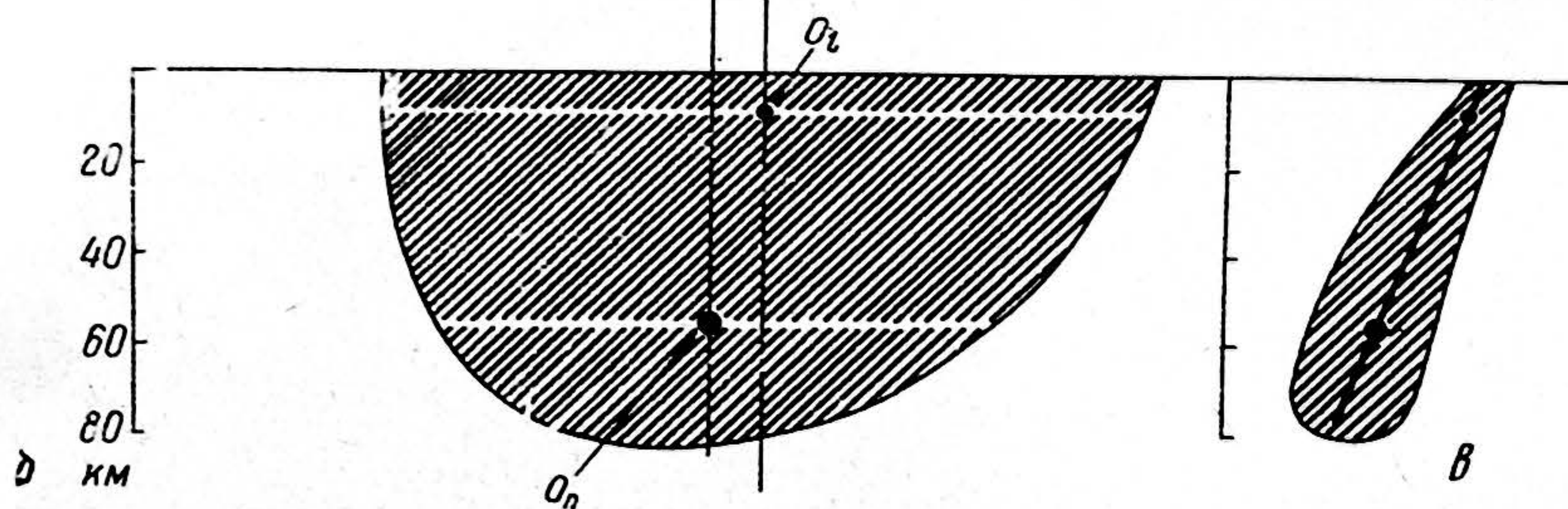
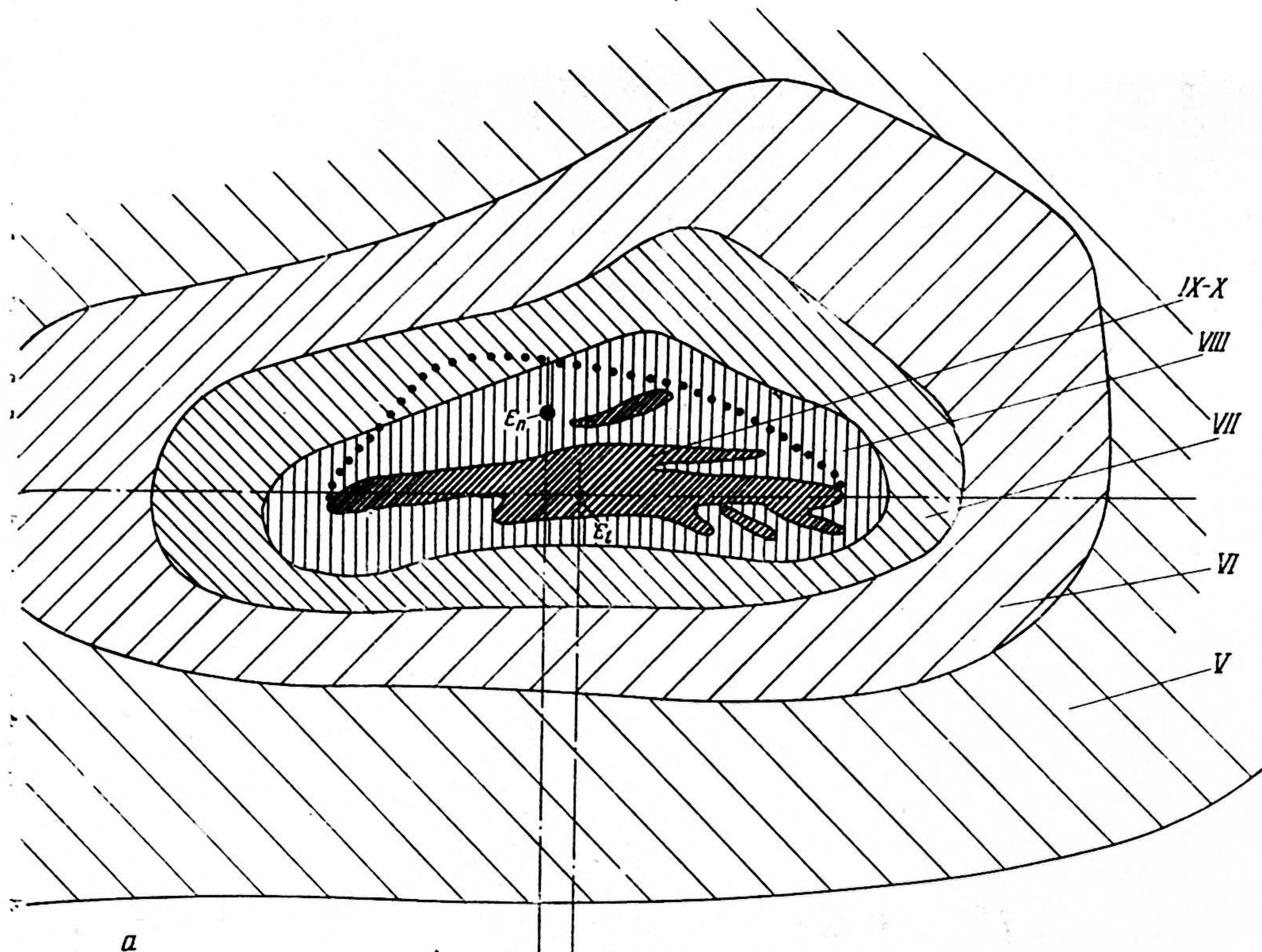
Сейсмология — наука об упругих волнах в Земле

Академик Б. Б. Голицын сказал красивую фразу о том, что землетрясение — это фонарь, на мгновение освещающий недра Земли. И все стали

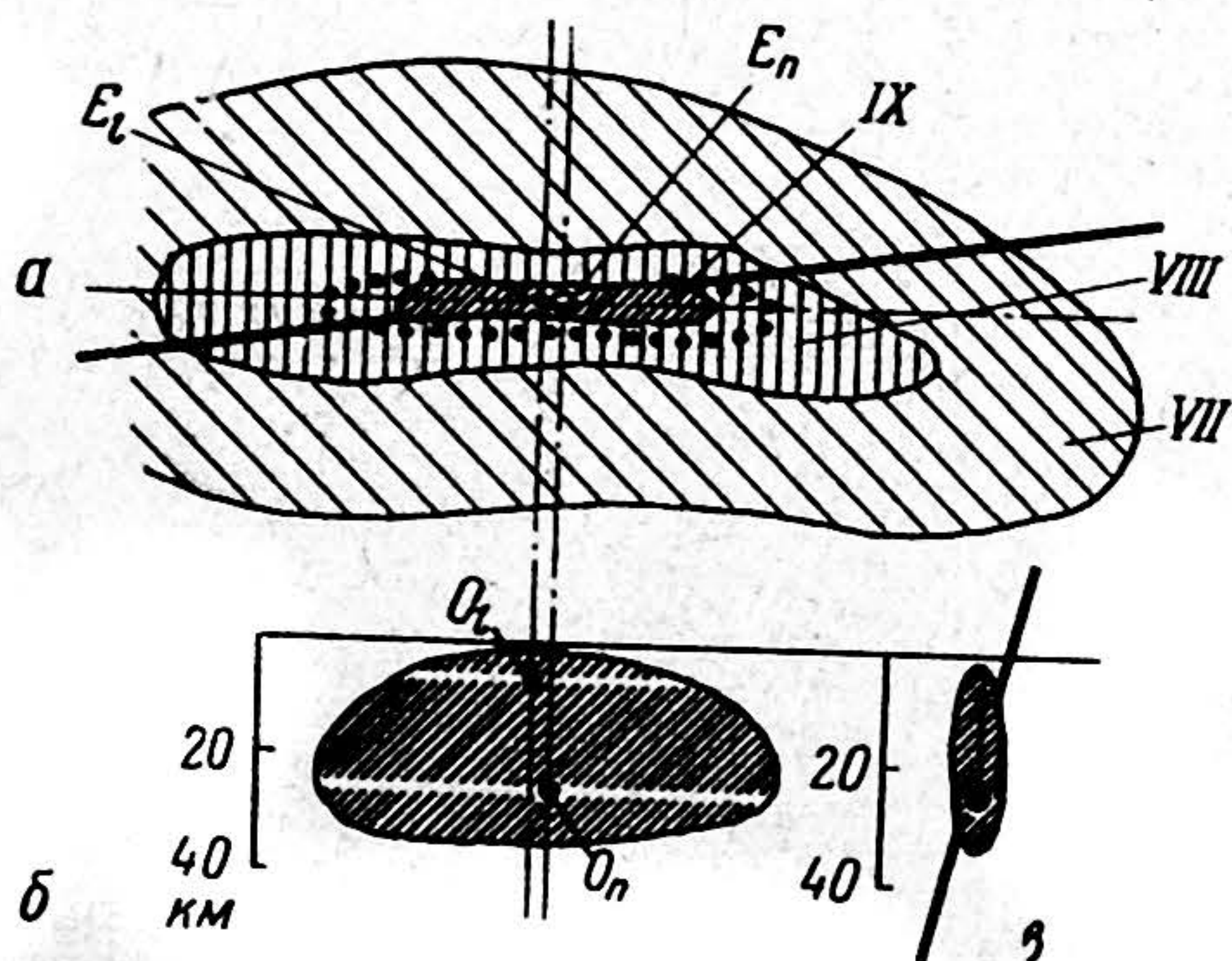
вглядываться в недра. Спору нет, это было нужно. Но почему-то сейсмологи-физики (назовем их так) забыли о том, что этот фонарь приносит пользу лишь пока он вдалеке, а вблизи он превращается в испепеляющий факел, природу которого, по меньшей мере, так же важно познать, как изведать недра Земли.



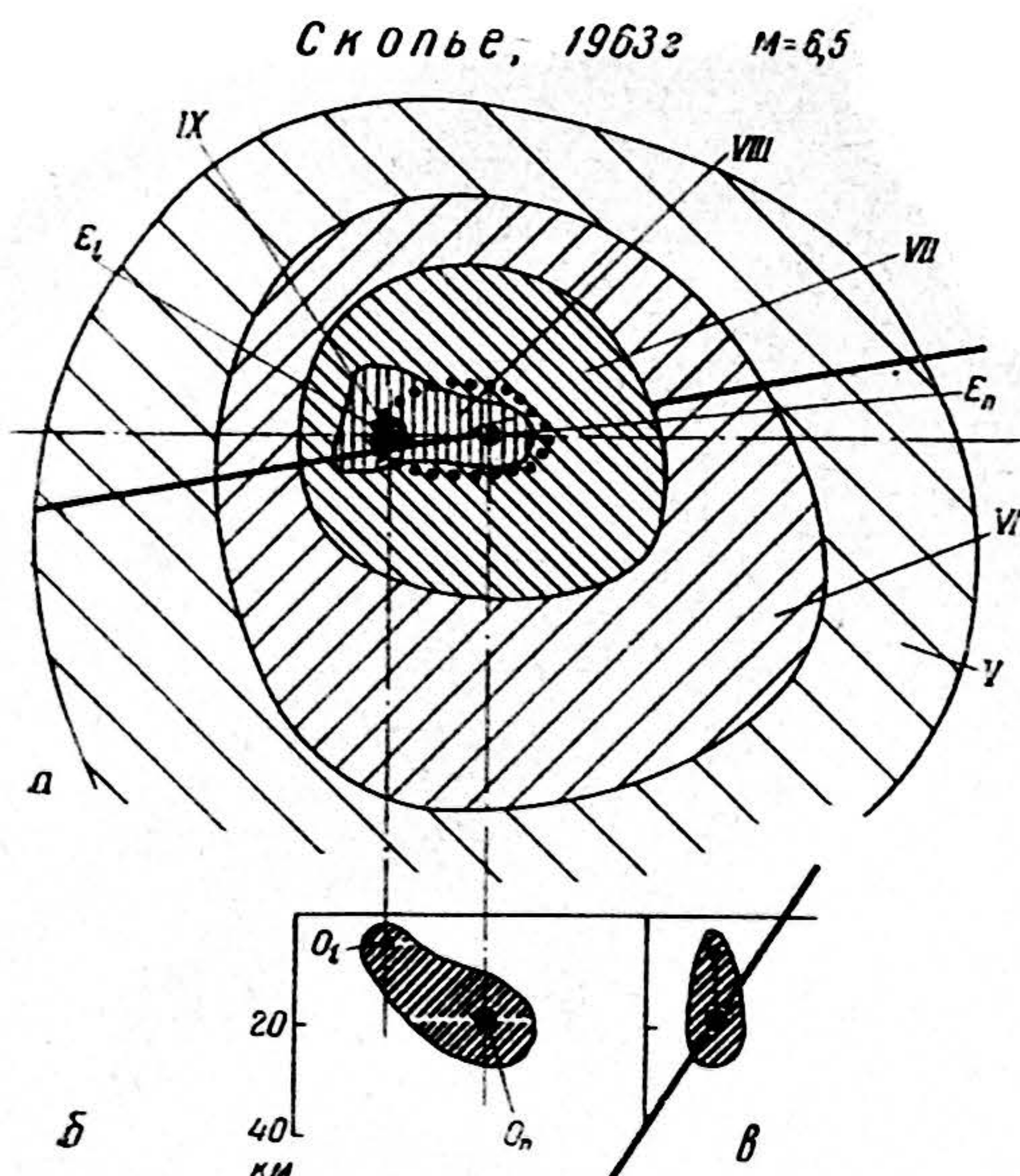
Кебинское, 1911г. $M=8,0$



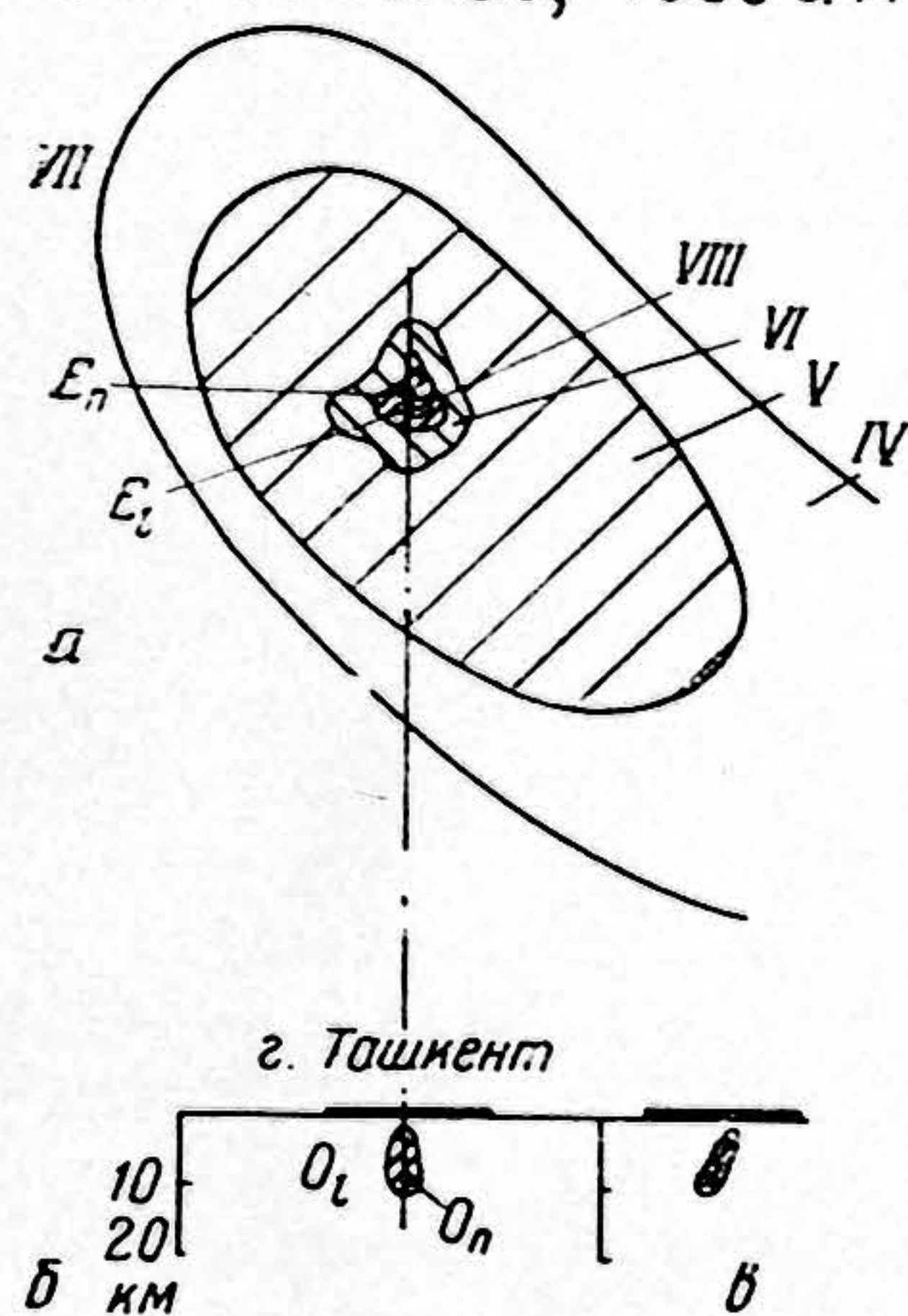
Ашхабадское, 1948г. $M=7,2$



Модели очагов землетрясений Ашхабадского, Кебинского, Ташкентского и в Скопье: а — план эпицентральной зоны и ее окрестностей; б — вертикальный разрез вдоль оси эпицентральной зоны; в — вертикальный разрез поперек оси эпицентральной зоны. Черные широкие линии указывают положение плоскости очага по независимым инструментальным данным. Вблизи эпицентра характер воздействия определяется верхней частью очага с центром O_1 (ему соответствует локаль-



Ташкентское, 1966 г. $M=5,3$



ный эпицентр E_1), а вдали от эпицентра — очагом в целом с центром O_n (ему соответствует нормальный эпицентр E_n). Глубина залегания очага (O_1 и O_n) определяется по характеру убывания балльности с расстоянием в ближней и дальней зонах. Расстояние O_n — O_1 по вертикали определяет вертикальную протяженность очага. Горизонтальная протяженность рассчитывается по форме ближайшей к эпицентру изосейсты. Смещение O_n относительно O_1 в плане дает наклон очага

Постепенно, по мере роста чувствительности приборов, интерес представителей физической сейсмологии смещался в сторону все более и более слабых землетрясений, и к концу 50-х годов кое-кому стало казаться, что регистрация сверхчувствительными приборами сверхслабых землетрясений в течение одного полевого сезона может, пожалуй, дать ответ на все вопросы.

Не будем несправедливы к представителям этой отрасли науки о землетрясениях: они установили основные законы распространения упругих волн в недрах Земли, научились определять эпицентры землетрясений (эпицентр — проекция центра очага на земную поверхность), а иногда определять и глубину самих очагов.

Одной из вершин достижений стало определение энергии, излученной очагом. Логарифм сейсмической энергии в джоулях советские сейсмологи обычно называют энергетическим классом землетрясений. Сейсмологи на Западе (а многие и в нашей стране) вместо энергетического класса предпочитают употреблять относительную оценку энергии, называемую магнитудой (M). С сейсмической энергией E (в джоулях) она связана так:

$$\lg E (\text{дж}) = 1,8M + 4 \quad (\text{слабые землетрясения}),$$

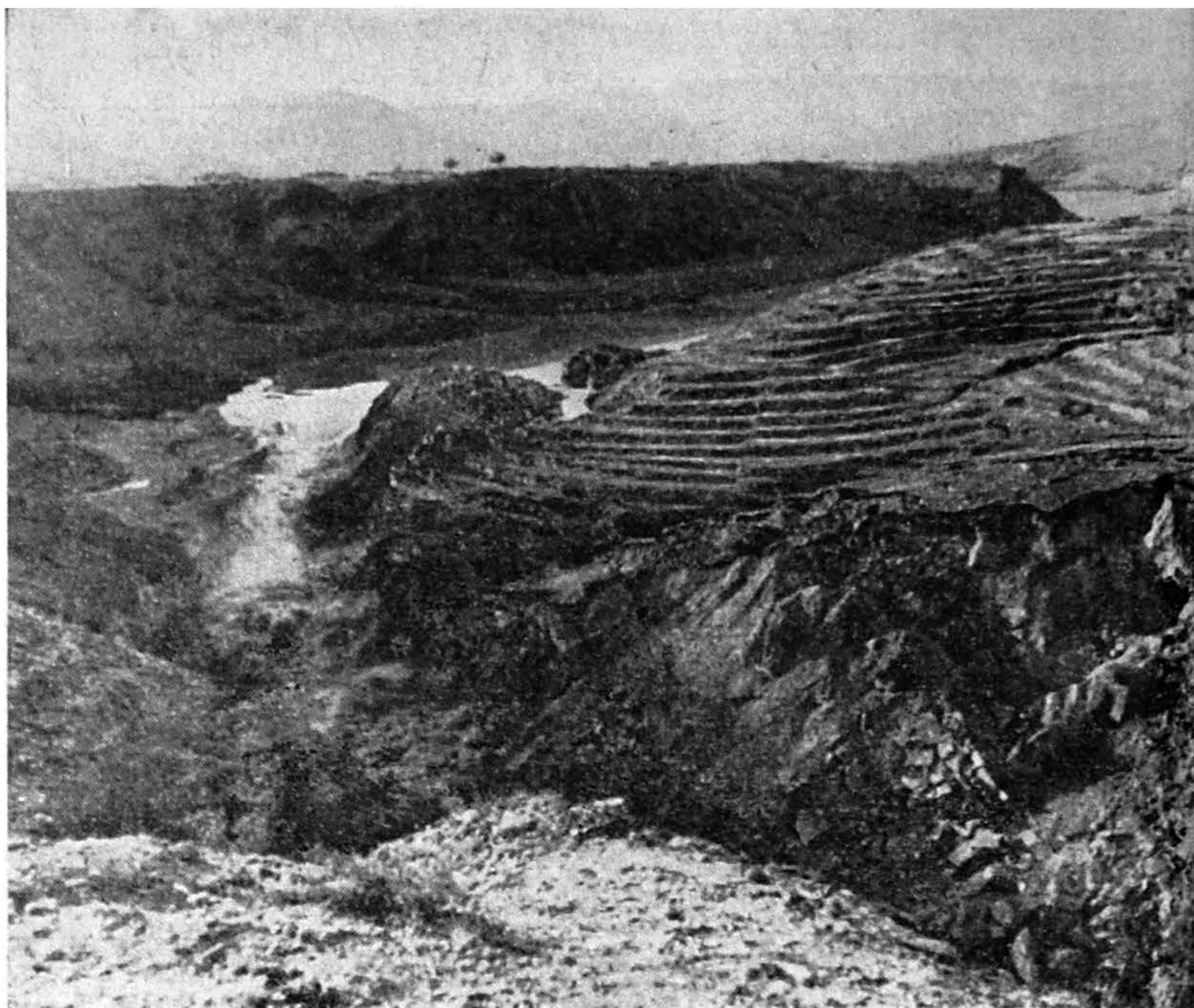
$$\lg E (\text{дж}) = 1,5M + 5 \quad (\text{сильные землетрясения}).$$

Оценки эти смыкаются не очень хорошо, но все уточнения даются с трудом, поэтому не стоит слишком подробно копаться в сейсмической кухне...

Другое блестящее достижение — определение механизма очага. Последние работы (от Х. Хонда до А. В. Введенской) были особенно важны. Оказалось, что моделью всех до единого очагов землетрясений является дислокация, т. е. трещина, причем такая, что ее края смещаются вдоль, не отходя друг от друга. Но на этой, невероятно математизированной, не имеющей размера точечной трещине, где известно лишь направление, дело затормозилось. Одной из причин было, как это ни странно, постоянное улучшение приборов. Ослепленные совершенством гальванометрической регистрации, сейсмологические службы отказывались от старых, низкочувствительных приборов. А когда — редко, очень редко, к счастью, — возникало сильное землетрясение, оказывалось, что прилично оно записывалось лишь где-то на другом краю Земли, там, где в записи, искаженной долгим путем в глубинах, с трудом просматривалась информация об очаге. Чем сильнее, чем страшней, чем важнее для науки было землетрясение, тем хуже записывалось оно в ближней зоне: амплитуды колебаний были слишком велики. Ашхабадское землетрясение 1948 г., унесшее тысячи жизней,

Громадный оползень, сдвинувший миллион кубометров горных пород, остановил реку Сулак на 8 часов (Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г.)

Фото Б. В. Деркача



хорошо записано в Москве и Иркутске, но ашхабадской записи нет. Под самой сейсмической станцией лежал очаг землетрясения 1963 г. в Скопье, а читаемые записи получены лишь за сотни километров; на сейсмограмме же станции Скопье остался лишь след пера, выброшенного в сторону могучим толчком: здесь чувствительность даже старых приборов оказалась слишком велика.

В те же времена сейсмологи-строители, горя естественным желанием рассчитать новые здания так, чтобы они противостояли подземным толчкам, тщетно ожидали от сейсмологов-физиков разумного описания явлений на поверхности Земли при сильном землетрясении. Им, пожалуй, было труднее всего. Они должны были решить: что делать с постройками там, где бывают землетрясения?

Сейсмология для строителей

Как защититься? Строить неколебимые бункеры? А может быть уговорить народ просто

уйти из опасных мест, переселиться, покинуть родные места?

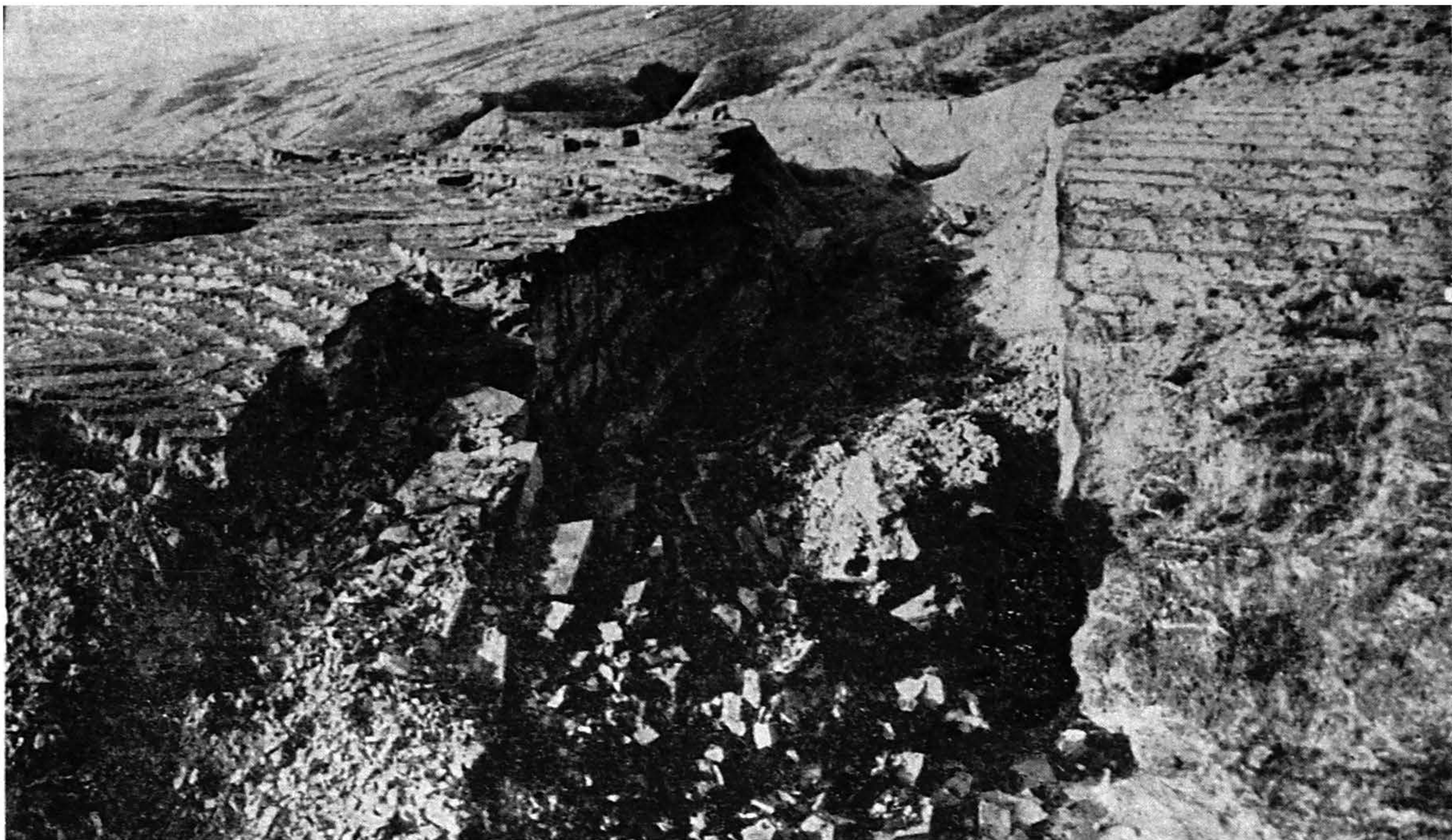
Нет, человека уговорить можно, но человеческое общество плохо поддается уговорам. Редкий пример коллективной готовности к землетрясению — тончайшие, почти безопасные стены и кровли японских домов. Не то на

Среднем Востоке, где, кажется, землетрясения происходят лишь немного реже, чем в Японии. Здесь память человеческая парадоксально коротка. И внуки, и даже дети погибших при землетрясении строят свои новые жилища все так же нелепо и бездумно, как их несчастные деды и отцы. Глинобитные стены, легкий настил из жердей, а сверху опять слой глины. А если кровля начнет протекать, то сверху еще слой и еще... Проходят годы — и над головами семьи растет их будущий могильный покров.

В Иране, Афганистане, Средней Азии люди, живущие в старых постройках, при землетрясениях гибнут от того, что сильные землетрясения повторяются в каждом отдельном селении слишком редко, а память о них, увы, стирается слишком быстро.

Смерть зданий, гибель построек — разрушение скорлупы, без которой сегодня человек наг и незащищен. Разрушение сооружений, дающих нам сегодня свет, одежду, пищу, работу — вот с чем столкнулся сейсмолог-строитель.

Причина разрушений была ясна — она груба и проста: механические колебания, обычные вибрации, такие, как звон лопнувшего стакана, щипок гитарной струны, скрип старого паркета, грохот обвала. Но струна — это частоты в сотни и тысячи герц, трещина в стакане —



сложная смесь частот от тысяч герц до более высоких. Для зданий страшны совсем другие колебания — те, которые свойственны им самим. (Вспомните знаменитый мост, разрушенный резонансом шагов маршировавшей по нему роты.)

Вот невысокая старая каменная церковь с толстыми стенами. Частота ее собственных колебаний 10—15 гц (значит, одно колебание, т. е. один период, длится 0,10—0,06 секунды). Период собственных колебаний современного двадцатипятиэтажного здания — 1,5—2 секунды (частота 0,7—0,5 гц). Такие периоды, скажем от 0,1 до 2 секунд, и разрушают здание. Вывод был правильным, и строители стали изучать колебания Земли и построек при сильных землетрясениях именно в этом диапазоне периодов. Были созданы специальные «выносливые» приборы, и, несмотря на то, что очень трудно заранее оказаться там, где будет землетрясение, сейчас в архивах сейсмологов есть множество записей сильных землетрясений, при которых начинаются серьезные разрушения кирпичных и даже железобетонных построек.

Относительно периодов, опасных для зданий, все было правильно. Но сейсмологи-строители забыли об очаге. Им было все равно, произошло ли очень сильное землетрясение, от эпицентра которого этот город лежит в ста

километрах, или же небольшой очаг, залегающий под городом, с такой же интенсивностью потряхнул его постройки. Их интересовала сила воздействия толчка на здания. И удивляло: до чего разнообразны записи приборов, казалось бы, при одинаковом воздействии. Но рассматривать излучение сейсмического очага лишь в узком диапазоне регистрируемых периодов, — право же, это все равно, что ботанику изучать все разнообразие весенней флоры через зеленое стекло. Информации вроде бы много, да только...

Грустный парадокс: во всем мире сейчас нет ни одного сейсмографа, способного вблизи от очага зарегистрировать излученные им колебания во всем диапазоне периодов. Каком?... Об этом чуть дальше.

Сейсмология — списание землетрясений

землетрясения как к единому целому. Используя грубую оценку эффекта землетрясения, основанную на ощущениях людей и на достаточно примитивной оценке степени повреждения зданий, они создали шкалу интенсивности землетрясений, научились строить карты распределения интенсивности по поверхности

Пожалуй, наибольшей широтой взглядов обладали сейсмологи-географы. Они сумели подойти ко всей картине

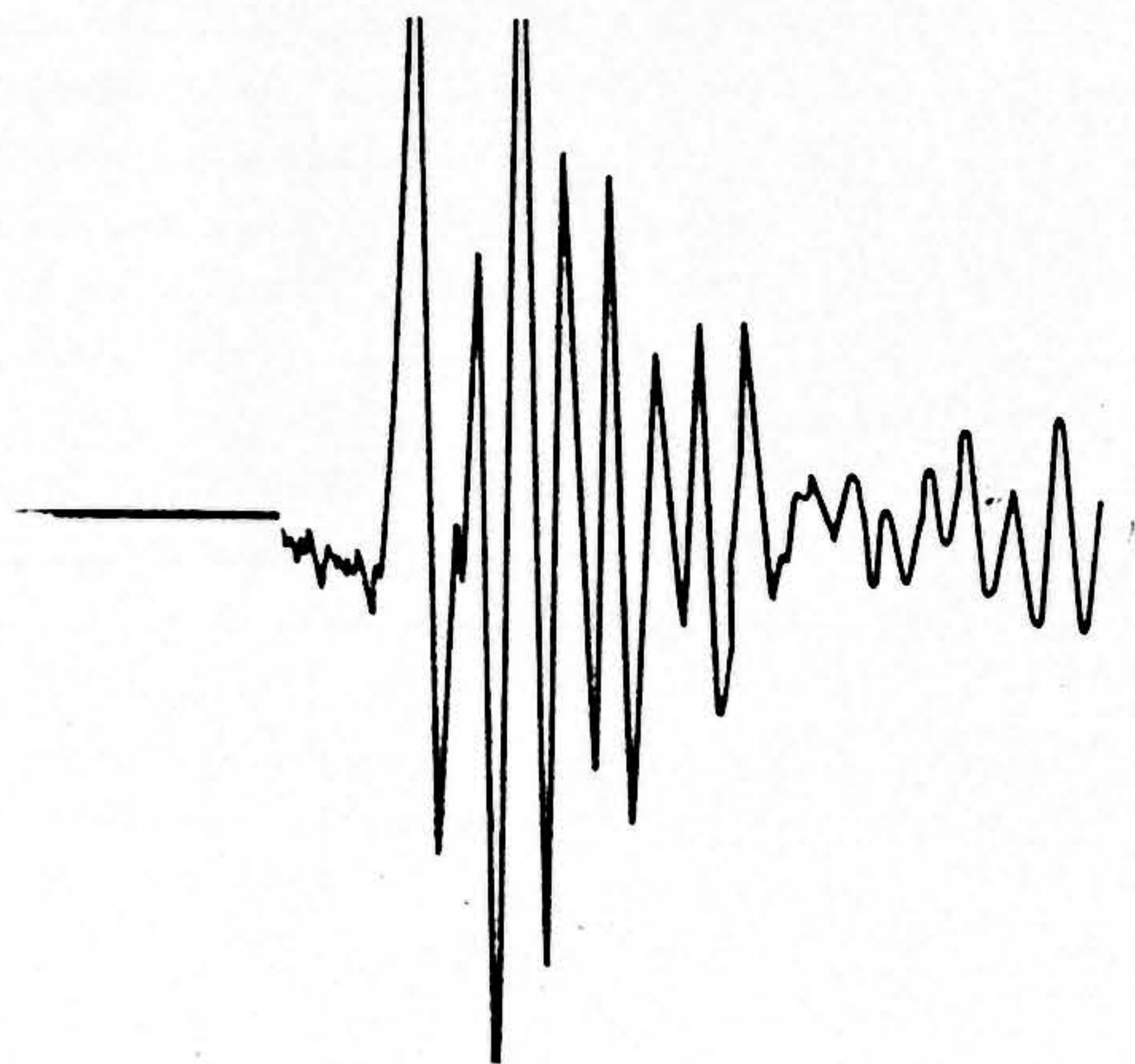
Земли — карты изосейст, дали науке образцы скрупулезного и богатого подробностями описания прошлых землетрясений. Шкала интенсивности землетрясений на заре сейсмологии была просто необходима. Она оценивала силу землетрясения без сложной расшифровки запутанных линий сейсмограмм, без расчета прочности разорванных конструкций. Позже от шкалы стали требовать невозможного — точного соответствия и характеристикам сейсмограмм, и инженерным характеристикам сейсмических воздействий, но, не получая ответа, объявляли ее устаревшей. А сейсмическая шкала продолжала честно делать свое дело — качественно описывать распределение силы воздействия землетрясения на поверхность Земли (то, что характеризует шкала, я бы назвал макросейсмическим полем землетрясения). А когда оказалось, что хорошо описанное макросейсмическое поле может оценить (без инструментальных данных!) и магнитуду землетрясения, и глубину очага, а в некоторых случаях — и его размеры по горизон-

тали и вертикали, то стало ясно, что списывать со счетов заслуженное оружие сейсмологов еще рано.

Хуже было с переводом качественных градаций интенсивности на язык точных цифр. Сделав не очень убедительные сопоставления градаций шкалы Меркалли с ускорениями колебания грунта, представители этого направления в сейсмологии не пошли дальше. И прежде всего потому, что не в их традициях было пользоваться количественными методами, т. е. числом. Неопределенность с переводом сейсмических баллов в смещения почвы или ускорения ее колебаний не удавалось разрешить, оставаясь на поверхности Земли, не изучая очага землетрясения. Но что такое очаг?

Теперь мы можем начать сначала. Если в 40—50-е годы нашего века в сейсмологии главенствовали задачи изучения строения Земли, а в 50—60-е годы преобладал интерес к слабым землетрясениям (с горьким привкусом задач идентификации ядерных взрывов), то сейчас рождается новая сейсмология — сей-

Землетрясение в Дагестане



СЕЙСМОЛОГИЯ

На карте сейсмического районирования СССР, действовавшей до 1 июля 1970 г., к западу от Махачкалы на фоне 7-балльной области протягивался небольшой 8-балльный овал. Новая карта, составленная в 1967 г. и введенная в действие с 1 июля 1970 г., не содержит такой детали. Овал был снят после

длительной дискуссии — восторжествовало мнение, что ожидать 8-балльных землетрясений здесь не следует. В пределах этого овала 14 мая 1970 г. и возникло разрушительное Дагестанское землетрясение — самое большое сейсмическое событие на Кавказе за последние 68 лет.

Сильных толчков здесь не было

давно — с 1830 г. Разрушительные землетрясения обходили стороной этот край. Так, Шемахинская катастрофа 1902 г. захватила лишь южные районы Дагестана. И, вероятно, поэтому не обратило на себя внимания небольшое (5—6 баллов) землетрясение 17 января 1965 г. с эпицентром в районе станции Алма-

ссмология очагов больших землетрясений.

Попытка синтезировать все три направления — сейсмологию упругих волн в реальной среде, сейсмологию разрушительных колебаний зданий и сейсмологию распределения сотрясений на поверхности Земли — трудна и неблагодарна.

Деформации на поверхности Земли — подвижки на разломе Сан-Андреас, знаменитый сброс Мино-Овари, чудовищные трещины при Гоби-Алтайском землетрясении 1957 г., как и многие другие случаи появления систем трещин длиной в десятки и даже сотни километров, — свидетельствуют о том, что очаги больших землетрясений огромны. Просты и физические соображения, говорящие о том же: предельные напряжения в земной коре равны примерно 10^7 — 10^8 эрг, допустимые деформации — 10^{-3} — 10^{-4} . Значит, 1 см^2 площади очага не может выделить больше 10^{-3} — 10^{-4} эрг сейсмической энергии. Если обратиться к более житейским понятиям, то можно сказать так: напря-

женный объем горных пород размером около $100 \times 10 \times 10\text{ м}^3$ может запасти и почти мгновенно выделить 1 квт · ч сейсмической энергии. А если при очень сильном землетрясении выделилось 10^{24} эрг, то объем очага должен составлять не меньше 10^{20} см^3 (примерно $300 \times 30 \times 10\text{ км}^3$), и это еще не предел.

Что такие размеры очагов — не экзотическая случайность, подтверждается соотношением между магнитудой землетрясений (или их энергией) и размерами очага, полученным для независимо определенных магнитуды и размеров. (Кроме наблюдений разломов для оценки размеров очага использовались и другие методы.) Обобщение данных нескольких десятков работ позволило получить осредняющую зависимость между протяженностью очага и магнитудой M :

$$\lg l(\text{км}) = 0,5M - 1,8.$$

Магнитуда максимально возможного землетрясения находится где-то между 8,5 и 9 (сейсмическая энергия около 10^{18} дж или



Фото Ю. Т. Шевелева

ло. Не дошли до ученых и сообщения о том, что жители аула Эки-Булак (эпицентральная зона будущего землетрясения) уже с 1968 г. время от времени слышали глухой гул в недрах Земли. А между тем это были признаки близкого пробуждения очень большого очага. К сожалению, мы пока не умеем отличать

обычные толчки от начала бурного процесса активизации недр.

Основные события начались днем 14 мая 1970 г. 7-балльным предварительным толчком. И хотя по некоторым признакам глубина очага была не менее 20 км, он вызвал на поверхности земли редкое явление — земляные волны, которые ви-

дели пастухи в предгорьях на линии Алмало — Эки-Булак. Неизвестные причины помешали в этот момент выделить всей накопленной энергии. Лишь через 9 часов грянул основной удар, вернее два удара, почти слившиеся в один, с интервалом около трех минут.

Девятичасовая пауза оказалась

10^{25} эрг). Средняя длина очага при этом — около 500 км. Минимальные, т. е. слабейшие из зарегистрированных, землетрясения имеют магнитуду между 0 и 2; им соответствуют трещины в несколько метров.

До землетрясений с магнитудой 4,5—5 все идет хорошо. Размеры очага не превышают нескольких километров, а основные излучаемые периоды — двух секунд. Но как тяжело сейсмологу-классику согласиться с представлением об очаге длиной в десятки или сотни километров!

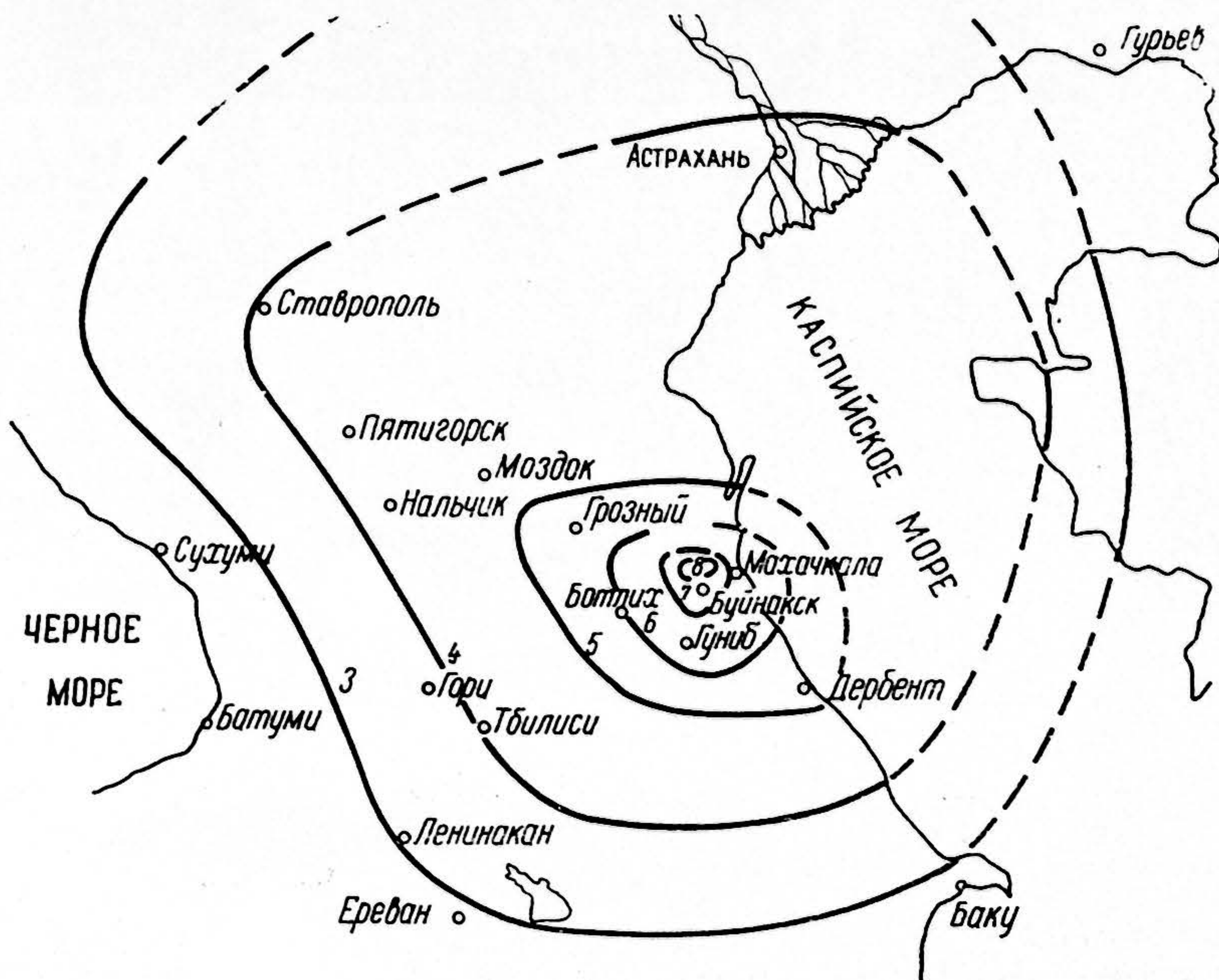
Сейсмология очагов

Уже много лет по записям сейсмических станций сейсмологи определяют положение очага, а точнее, — эпицентра, расположенного на земной поверхности прямо над очагом (глубина очага по инструментальным данным до сих пор определяется плохо). С их легкой руки эпицентр землетрясения считается точкой.

Я хорошо помню, как городские власти не-

большого городка, нежданно, впервые за сотни лет, ошеломленного подземным толчком, настойчиво просили меня, чтобы я отвез их к эпицентру землетрясения и указал бы эту точку с точностью чуть ли не до одного метра. А после землетрясения 1963 г. в Скопье многие уважаемые европейские сейсмологи несколько месяцев люто спорили, сдвигая эпицентр землетрясения то на 3 км к северу, то на 2 км к востоку. А очаг землетрясения был не меньше 25 км в длину и не меньше 10 км в ширину; такие же размеры имела его проекция на поверхность Земли — эпицентр, вернее эпицентральный зона. Что же было спорить о точке?!

И все-таки точка существует. Во всех прославленных сейсмических сводках мира указывают координаты эпицентра как координаты точки. Какой же смысл имеет эта точка? Это можно понять, если вспомнить, что сейсмические службы определяют эпицентр по моментам первых вступлений продольных и по-



Изосейсты Дагестанского землетрясения. Землетрясение охватило огромную площадь: зона 5-балльных сотрясений распространилась на 50 000 км²; зона 7-балльных — на 2000 км². В Астрахани ощущались 4-балльные колебания, в Волгограде — 3-балльные, в Ставрополе и Черкесске — 4-балльные. Особенность этого землетрясения — аномально большие площади, ограниченные изосейстами 3 и 4 балла. Возможно, что в наиболее удаленные от эпицентра зоны дошли сотрясения от самых глубоких частей очага: сейсмические волны миновали расположенные выше неоднородные участки земной коры

спасительной для многих: испуганные толчком жители не заходили в дома, так что последующие удары застали большинство населения на безопасном расстоянии от падающих стен и крыш.

Сразу после предварительного толчка обследовать эпицентральный зону выехали сотрудники отдела геофизики Института физики Дагестанского филиала АН СССР. Через несколько дней здесь же начали работать Дагестанская сейсмологическая экспедиция Института физики Земли АН СССР (Д. Н. Рустанович, В. В. Штейнберг, К. Г. Плетнев и другие) и Сейсмологическая экспедиция Дагестанского филиала АН СССР (Р. А. Левкович, Ю. В. Быстрицкая, О. А. Асманов и другие). Была развернута сеть временных полевых станций, оборудованных наборами сейсмографов для записи повторных толчков различной силы — от слабейших до 7—8 баллов.

Стало ясно, что Дагестанское землетрясение — явление во многом необычное, что предстоят долгие и трудные наблюдения остаточных процессов, сложные комплексные

перечных волн на сейсмограммах станций. Первый момент записи — это, конечно, отражение момента зарождения процесса в очаге. Иными словами, сейсмические станции указывают точку, из которой начинает вспарываться трещина. Вот так разрешается парадоксальное, много раз ставившее в тупик сейсмологов несовпадение инструментального эпицентра и эпицентра макросейсмического (центра наиболее пострадавшей области): если считать, что вспарывание начинается на краю будущей трещины и идет в одну сторону, мы получим расстояние между двумя эпицентрами, равное половине длины очага землетрясения (из-за ошибки в отсчете времени инструментальный эпицентр может быть определен с ошибкой в 10—20 км, а потому это соотношение выполняется лишь в среднем).

Почти интуитивно сейсмометристы в последние годы стремились расширить диапазон периодов, регистрируемых во время землетрясений. Это дало результаты поистине необозримые, почти фантастические. (Даже при са-

мом беглом изложении они не поместятся в этой статье.) Но как не упомянуть о необыкновенно красивых работах американских сейсмологов, открывших, что сильные землетрясения возбуждают собственные колебания целой Земли! Когда в ее недрах на сотни километров сдвигаются вдоль трещины горные массы, вся планета гудит, как колокол, сжимаясь и разжимаясь, или закручиваясь в противоположные стороны своими полушариями! И длится одно колебание невообразимо долго — десятки минут (частота около 0,0003 гц)*.

Но сейчас речь о другом, не о собственных колебаниях планеты, а о ее объемных — продольных и поперечных — волнах, излученных очагом. Построены новые приборы. Едва ли не лучший в своем классе советский сейсмограф С5С может записывать колебания в диапазоне от сотых долей секунды до 5—10 секунд с увеличением, которое можно установить

* Ф. Пресс. Собственные колебания Земли. «Земля и Вселенная», № 3, 1967 г.

исследования. В Дагестан приехали сейсмологи, геологи, геофизики, инженеры-строители из многих городов и республик нашей страны. Для координации работ был создан Научный совет по изучению природы и последствий землетрясения в Дагестане.

Что же удалось выяснить за первые месяцы напряженной работы? Эпицентральная зона, расположенная к западу от Махачкалы, протянулась примерно в направлении запад-юго-запад под углом почти 45° к простиранию Главного Кавказского хребта. Магнитуда землетрясения $M = 6,7$; балльность в эпицентре 8—8,5. Если перевести магнитуду в величину сейсмической энергии, то получим, что энергия Дагестанского землетрясения примерно в 100 раз больше, чем Ташкентского землетрясения, однако раз в 30 меньше, чем Ашхабадского. При магнитуде 6,7 (примерно 10^{16} дж) интенсивность сотрясений в эпицентральной зоне, судя по разрушенным постройкам, нигде не достигала 9 баллов. Следовательно, центр очага лежал на глубине не менее 20—30 км. Ту же глубину дают инструментальные

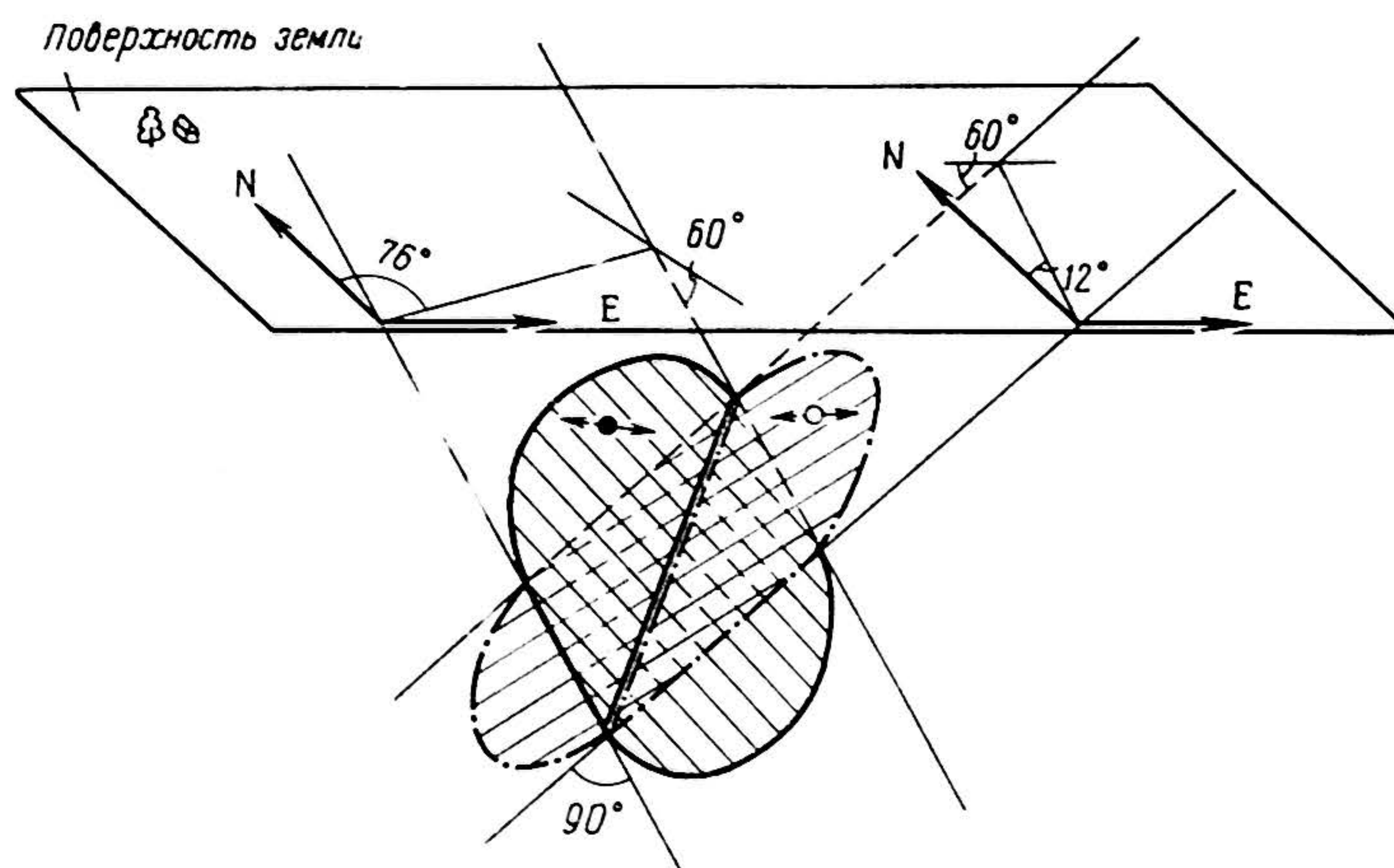


Схема расположения плоскости разрыва при Дагестанском землетрясении (составлена Е. И. Широковой). Показаны два возможных взаимноперпендикулярных положения этой плоскости. При одном варианте (слюшные линии на рисунке) разрыв простирается с запада-юго-запада на восток-северо-восток с азимутом 76° , его плоскость падает на юго-юго-восток под углом 60° . При втором варианте (штрих-пунктирные линии на рисунке) плоскость разрыва простирается почти меридионально с азимутом 12° и падает под углом 60° на запад-северо-запад. Из сопоставления с макросейсмическими данными следует, что верен первый вариант

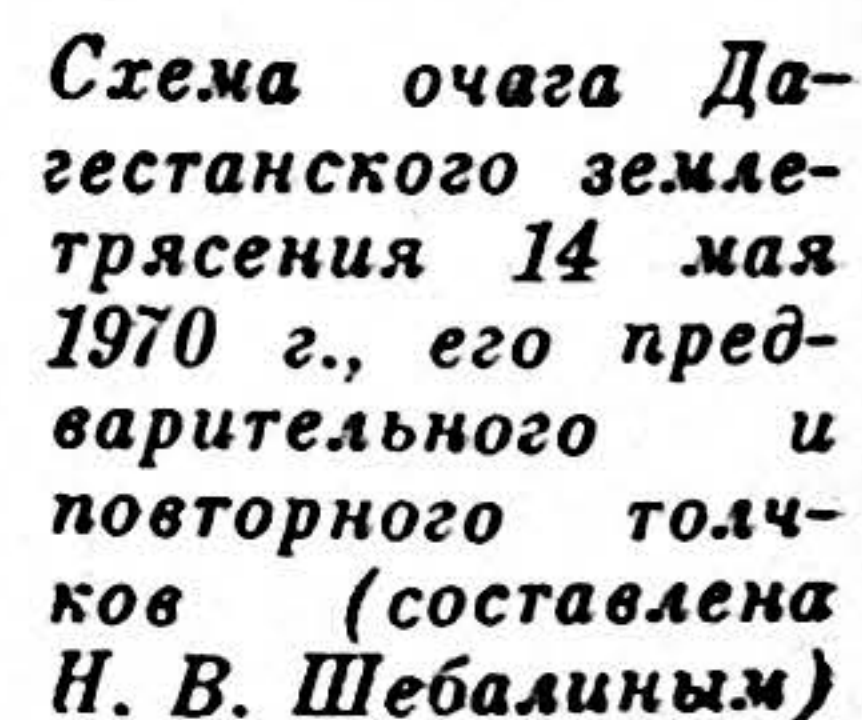
Вот так год за годом обнаруживалось, что сильные землетрясения излучают колебания с очень большими периодами — во много десятков, чуть ли не в сотню секунд! И эти данные, по крайней мере для землетрясений средней силы, оказываются в хорошем согласии с размером очага. Известно, что грубую оценку размеров очага можно получить, если умножить период колебаний на скорость испарыва-

ния трещины. Скорость эта не может быть больше скорости поперечных волн, ее можно принять равной 3 км/сек. Отсюда следует, что волны с типичными «разрушительными» периодами колебаний 0,3—0,4 секунды излучаются трещиной, длина которой около километра. А очаг землетрясения с магнитудой 6,5 (это — Скопье 1963 г. или Баня-Лука 1969 г., или сотни других разрушительных землетрясений), имеющий длину примерно 25—30 км, должен излучать (и действительно излучает!) колебания с периодом 8—10 секунд. «Но позвольте,—спросит читатель,—откуда в этом случае разрушения? Ведь они вызываются колебаниями гораздо меньших периодов!».

Очаг землетрясения — огромный оркестр

Дело в том, что до сих пор мы говорили о преобладающих периодах, а очаг излучает всегда набор разных периодов, и если перевести все эти колебания в звуковой диапазон, то в момент землетрясения мы услышали бы

Развитие процесса в очаге шло довольно сложным путем. Очаг предварительного толчка оказался на северо-восточной окраине главного очага. Вспарывание основной трещины, видимо, шло в юго-западном направлении и снизу вверх. При этом плоскость главного очага составляла угол около $40\text{--}45^\circ$ с осью Главного Кавказского хребта и круто (под углом около 60°) падала к юго-юго-востоку. Такое размещение очага, определенное по ма-



не монохроматический удар колокола, а скорее мгновенно грянувшее *fortissimo* огромного оркестра. Кривую, которая показывает, с какой интенсивностью звучит каждый инструмент, с какой амплитудой идут колебания каждого периода, называют спектром. Чем больше землетрясение, тем сильнее его спектр сдвинут в сторону длинных периодов.

Откуда же берется весь этот набор колебаний? — Это тоже серьезный вопрос. Теоретически при образовании простой трещины длиной в десятки километров могут возникнуть короткопериодные колебания, однако интенсивность их много выше, чем предсказывает теория. Да и практика говорит, что иногда в непосредственной близости от огромного разлома разрушения не так уж велики, но по мере удаления от разлома они возрастают.

Если попытаться сопоставить между собой не только соотношение интенсивностей, но и соотношение энергий различных землетрясений, то тут уж физика «встанет на дыбы». Судите сами. Из многих сопоставлений известно, что

увеличение магнитуды на $\frac{2}{3}$ или увеличение энергии в 10 раз, отвечает увеличению интенсивности на 1 балл шкалы Меркалли (или MSK — 1964). Например, формула, полученная автором в 1956 г., устанавливает связь между интенсивностью в эпицентре I_0 , магнитудой M и глубиной очага землетрясения :

$$I_0 = 1,5M - 3,5 \lg h + 3,0.$$

А если припомнить, что

$$\lg E (\text{дж}) = 1,5M + 5, \text{ то:}$$

$$I_0 = \lg E (\text{дж}) - 3,5 \lg h - 2,0.$$

Значит, два землетрясения с очагами на одинаковой глубине (скажем, 10 км) и интенсивностью в эпицентре, например 5 и 6 баллов, будут иметь сейсмическую энергию, соответственно, $3 \cdot 10^{10}$ и $3 \cdot 10^{11}$ дж, с отношениями энергий 1 : 10 и амплитуд $\sqrt{1 : 10} \approx 1 : 3$. Действительно, такое отношение амплитуд и наблюдается в дальней зоне, на расстоянии в десятки и сотни километров от эпицентра — там, где землетрясение регистрируется сейсмическими станциями.

кроейсмическим данным и несколько, по-видимому, неожиданное для геологов, находит свое подтверждение в расчетах Е. И. Широковой.

Повторные толчки землетрясения были довольно интенсивными и частыми, они причинили много неоправданного беспокойства жителям Махачкалы, Буйнакска и других населенных пунктов. В поселке Дружба, например, экспедиция Ленгидропроекта только с 14 мая по 1 июня зарегистрировала более тысячи слабых толчков. Свыше 50 толчков силой от 3 до 5 баллов ощущалось в Махачкале. Очаги большей части повторных толчков концентрируются в верхней области главного очага — там, где подвижками захвачены неоднородные толщи осадочного чехла. Можно думать, что некоторые очаги повторных толчков лежат в самом осадочном чехле на глубинах 2—8 км. Эти толчки (например 31 мая, 13, 15, 17 июня и другие) выделяют небольшой запас энергии. Они характерны высокой балльностью в эпицентре и ограниченной площадью распространения. Очаги вто-

рого этажа (глубина от 8—10 до 15—20 км) лежат в пределах «гранитного» слоя земной коры. Колебания на поверхности при таких толчках более длиннопериодны. С удалением от эпицентра эти колебания затухают по-разному: медленно — вдоль простираания Главного Кавказского хребта и быстро — в поперечном направлении.

Во время Дагестанского землетрясения получен большой материал. Записаны толчки от 2—3 до 6 баллов. В одном из пунктов (на мягких грунтах) при 6-балльном сотрясении сейсмографы надежно зарегистрировали ускорение колебаний почвы (ускорение сейсмических колебаний), которое составляло четвертую часть величины ускорения свободного падения тел (0,25 g). Заметим, что при 6 баллах, согласно шкале MSK-1964, должно наблюдаться ускорение всего 0,025—0,050 g; согласно ГОСТу, ожидаемое ускорение еще меньше.

Приближенная экстраполяция позволяет думать, что в момент главного толчка в отдельных местах эпицентральной зоны (на мягких

грунтах) ускорение сейсмических колебаний могло превысить ускорение силы тяжести. Именно этим, по-видимому, вызваны обвалы и оползни в эпицентральной зоне.

Детальное изучение собранного материала, по существу, только начинается. Мы надеемся, что в итоге будут получены результаты, которые не только позволят заново, более достоверно и полно оценить степень сейсмической опасности на территории Дагестана, но и существенно улучшат наши представления об одном из самых трудных геофизических объектов — очаге сильного землетрясения.

А. М. МАГОМЕДОВ

заведующий отделом геофизики

Института физики Дагестанского

филиала АН СССР

Н. В. ШЕБАЛИН

заведующий лабораторией

сильных землетрясений

Института физики Земли АН СССР

председатель Научного совета

по изучению природы и последствий

землетрясений в Дагестане

Закон сохранения энергии требует, чтобы в нашем случае соотношение плотности энергии (а значит, и амплитуды колебаний) для двух землетрясений в любой точке было бы одним и тем же. Но колебания сооружений и грунта, записанные сейсмологами-строителями, утверждают совсем иное: в инженерном диапазоне периодов вблизи от эпицентра при изменении интенсивности на 1 балл амплитуды возрастают не в 3, а в 2 раза. При интервале в 4 балла вместо ожидаемого соотношения $1:3^4=1:81$ наблюдается соотношение $1:2^4=1:16$. Ошибка в 5 раз — больше чем на 2 балла!

Напротив, при удалении от эпицентра «инженерные» колебания ведут себя не так, как «сейсмологические». При слабых землетрясениях (периоды 0,3—1,0 секунды) с увеличением расстояния от очага энергия убывает по закону $1/r^n$, где $n = 4 \div 6$; при сильных — убывание интенсивности на тех же частотах соответствует закону с $n = 3 \div 3,5$.

Почему не хватает энергии в эпицентре? Откуда она поступает по мере удаления от очага?

Оказывается, эти парадоксы имеют прямое отношение к спектру сильных землетрясений, к загадочному избытку коротких периодов, сопровождающему излучение больших очагов.

Геометрия излучения очага

Излучает большой очаг длиной в десятки километров колебания с периодом 0,3—1,0 секунды? Значит, в очаге есть и такие трещины. Или главная трещина рвется негладко, спазматически, короткими порциями? А скорее всего: и то, и другое, и негладкое вспарывание, и система вторичных трещин. Короткие периоды затухают сильнее длинных, поэтому в относительной близости к очагу, когда расстояние до него меньше его размеров, интенсивность определяется не всем излучением очага, а лишь излучением ближайшей его части. И если сравнить два очага, энергия которых отличается в 10 раз и в 10 же раз — их объемы, то поверхности очагов, излучающие опасные короткие периоды, отличаются всего в 4,5 раза! Вот почему так медленно растут амплитуды сильных движений — это работает геометрия излучения.

ГЕОЛОГИЯ

Обвалы скал в горных ущельях, гигантские оползни миллионов кубометров горных пород... Землетрясения подобной силы случаются на Земле не так уж часто (хотя 1970-й год оказался необыкновенно «урожайным»: 17 мая произошло 9-балльное землетрясение в Киргизии, а 31 мая — катастрофа в Перу).

Попытаемся разобраться в геологической обстановке Дагестанского землетрясения 14 мая. Его очаг расположен в той зоне, где сочленяются Предкавказская равнина на севере и горная система Главного Кавказского хребта на юге. (Геологи скажут: очаг приурочен к продольному шву.) Эти области в ходе геологической истории развивались совершенно по-разному, горные породы различного состава образовали здесь особые структуры.

Предкавказская равнина в мезозойский и кайнозойский периоды была устойчивой областью — платформой. Здесь не было вертикальных колебаний большого размаха и осадочные породы почти не деформировались. Большой Кавказ в то время «переживал» геосинклиналь-

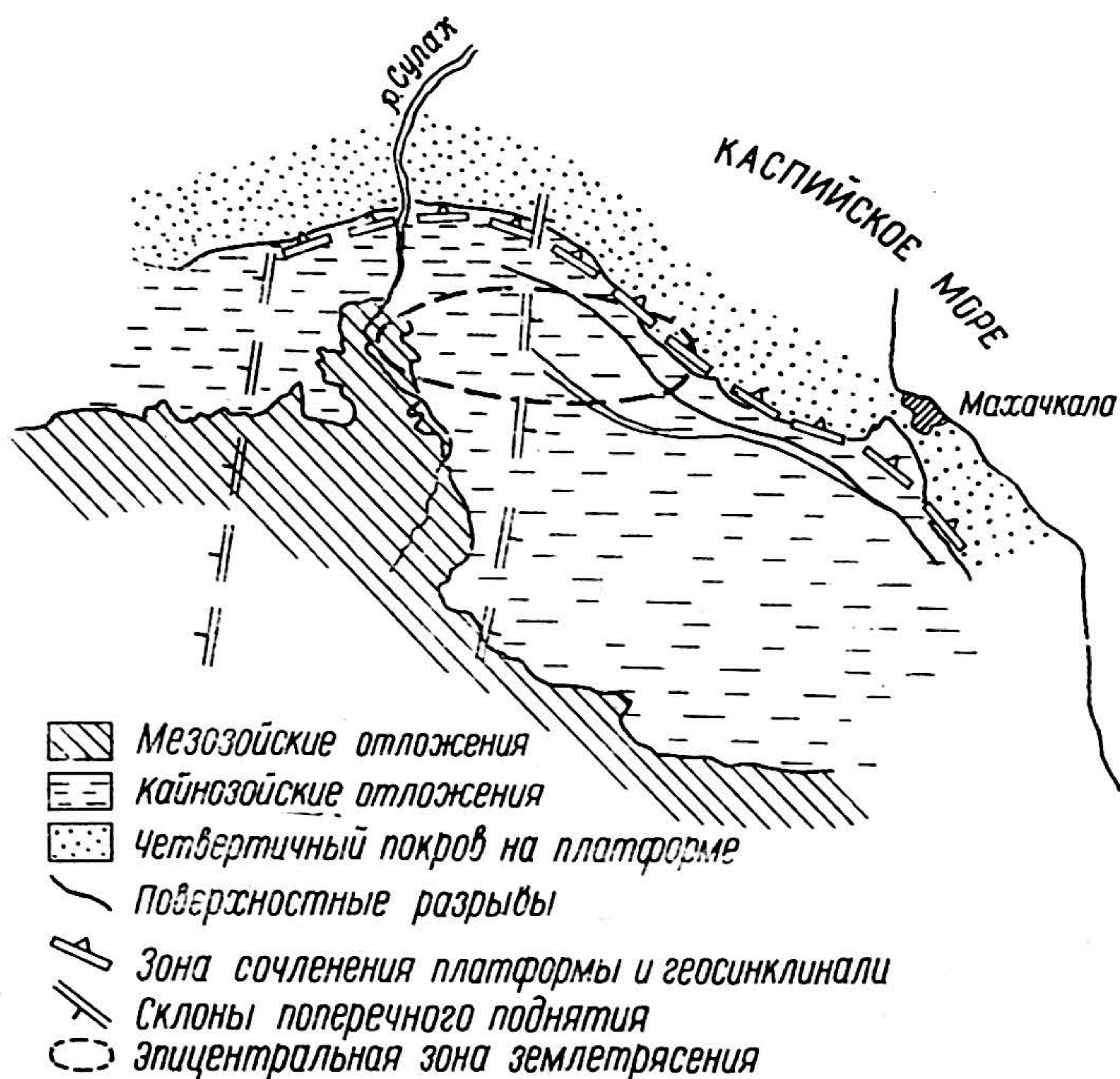
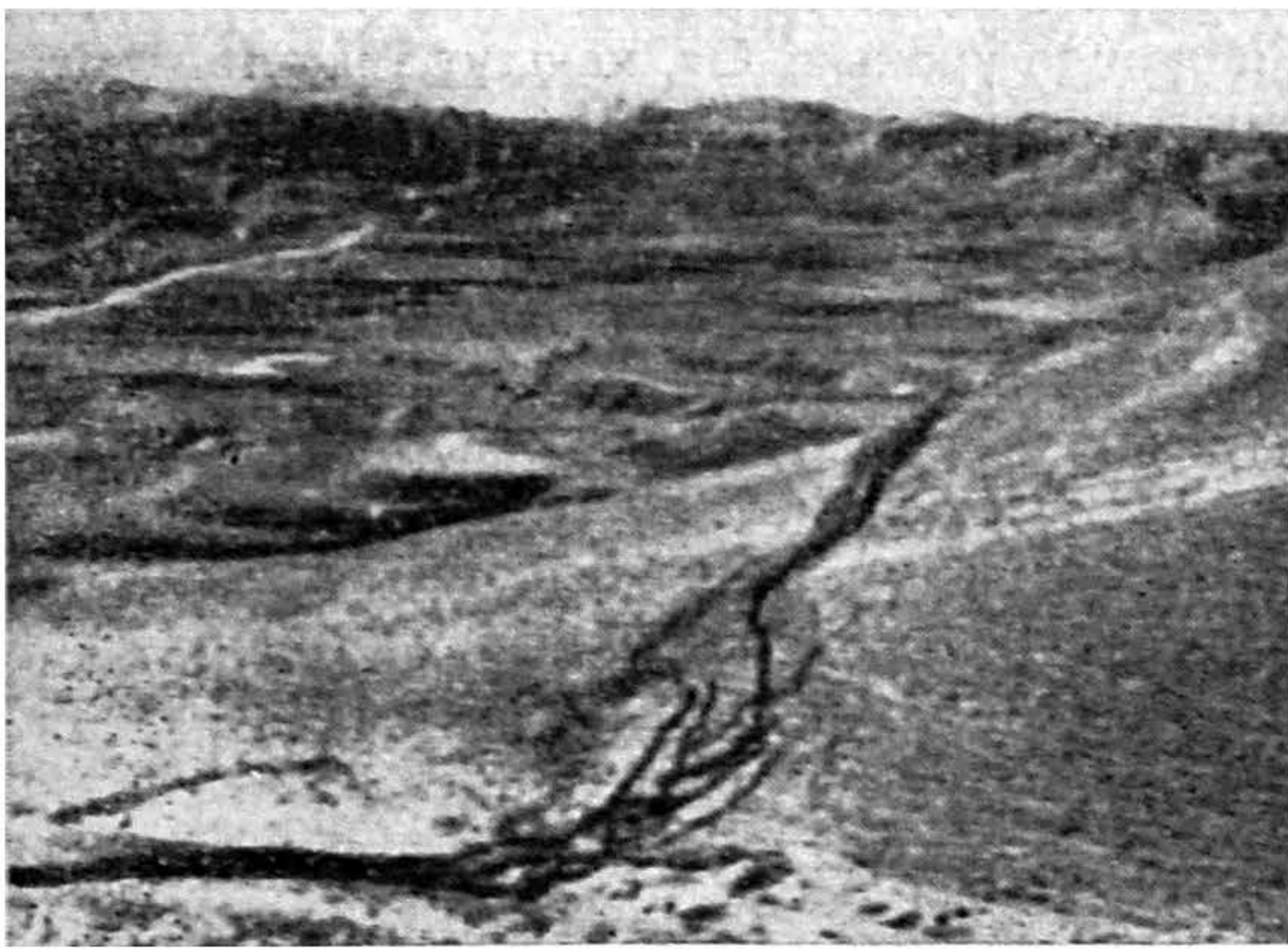


Схема геологических структур в районе Дагестанского землетрясения



Очаг землетрясения вышел на поверхность Земли: слева — система тектонических трещин при сильном землетрясении в Иране, справа — одна из боковых трещин. Смещения по трещине составляют десятки сантиметров

И в этом же причина медленного спадания интенсивности с расстоянием: уходя от очага, мы будем «находиться под впечатлением» все

большей его части, пока (вдалеке) он не превратится для нас в точечный источник. Что означает это для практики? В принципе, — очень

ное развитие: процесс глубокого прогибания земной коры сменялся мощным воздыманием, осадочные породы сминались в резкие крутые складки — шло образование горной страны*. Таким образом, в районе, где произошло землетрясение, не трудно увидеть границу между двумя блоками земной коры, различными по своему составу и физическим свойствам. Северный блок — платформенный можно считать жестким и консолидированным, а южный — геосинклинальный — более мягким, пластичным: активное преобразование вещества в глубинных слоях этого блока происходило недавно и, вероятно, еще не завершилось.

Северный и южный блоки сочленяются в зоне, которая представляет собой флексуру — зону ступенеобразного и довольно крутого перегиба, — поднимающуюся к югу до 500—600 м. На поверхности эта геологическая структура сложена молодыми породами. Сущест-

венно и то обстоятельство, что вся зона сочленения простирается почти по широте, параллельно складкам передовых хребтов Большого Кавказа. Однако в Дагестане на вытянутую вдоль широты флексуру накладывается поперечное поднятие. И там, где река Сулак течет почти вдоль меридиана, располагается ось поперечного поднятия. Это — так называемый Дагестанский клин. Здесь мезозойские породы оказались среди более молодых, палеогеновых и неогеновых, отложений. Обнаружить эту особенность не трудно: на поверхности обнажаются древние породы, слагающие внутренние части ядер крупных складок. Дагестанский клин является частью субмеридионального поднятия, а дальше к югу на прямом продолжении субмеридионального поднятия есть еще одна геологическая структура — купол, происхождение которого (и это подтверждается геохимическими исследованиями), возможно, связано с внедрением не вышедших на поверхность магматических (гранитных) тел.

Может быть, читателю скучно раз-

бираться в сути геологических терминов, но это необходимо для того, чтобы понять обстановку, в которой произошло Дагестанское землетрясение. Итак, область, где произошло землетрясение — узел пересечения продольной зоны сочленения разных блоков земной коры с поперечным поднятием, а точнее, — со склоном или крылом этого поднятия. Такие районы с точки зрения геологов очень опасны в сейсмическом отношении. В очень похожих условиях находятся Шемахинская зона 8-балльных землетрясений, эпицентр Чхалтинского землетрясения и многие другие. Там, где смыкаются «мягкие» и «жесткие» блоки земной коры, происходит как бы «прилипание» и срыв, как только напряжения превзойдут предел прочности шва. Трудно определенно сказать, какую роль при этом играют поперечные глубинные структуры. Однако очевидно одно, что в районе Дагестанского землетрясения они осложняют главную широтную зону стыка платформы («жесткий» блок) и складчатого Кавказа («мягкий» блок).

* В. Н. Шолпо. Проблема происхождения складчатости. «Земля и Вселенная», № 6, 1969 г.

многое: мы получаем возможность изучать опасные короткопериодные колебания в тесной связи со свойствами очага, его глубиной, прочностью пород. Не зная еще ни одной записи сильных землетрясений в новой зоне, мы по иным данным можем наперед вести расчет сейсмических воздействий будущих землетрясений.

Можно ли думать теперь, что мы близки к построению полной теории сейсмического очага? Время ли подводить итоги? Совсем недавно М. Вюсс и Дж. Брун проследили за эпицентром огромного землетрясения на Аляске не только по первым вступлениям, но и по фазам последующего развития колебаний. Оказалось, что инструментальный эпицентр рывками следовал за вспарывающейся многосоткилометровой трещиной (классика уступила!). Но вот тот же Дж. Брун с К. Алленом обнаружили страшный беспорядок: некоторые землетрясения с магнитудой около 5 сопровождалась подвижкой по трещине длиной в десятки километров, вялой, слабенькой, но — подвижкой!

Новый тип очага — новые заботы... А прогноз момента землетрясений — мечта журналистов, надежда ученых? Ох, как тут тяжело! Ведь все методы до сих пор направлены на то, чтобы установить место и время, где начнется землетрясение. Начнется...

Но ведь начинаются в той же зоне, в те же месяцы и дни, десятки и сотни слабых землетрясений, образуются трещины и трещинки, взметываются вихри упругих волн, но трещинки замирают и все кончается. Значит, предсказать-то надо не ту трещину, которая начнет вспарываться, а ту, которая не остановится на первых сотнях метров, а рванет на десятки километров! И заниматься нужно не теорией начала трещины, а теорией ее остановки. Наблюдения упрямо говорят о том, что число землетрясений строго зависит от магнитуды — при увеличении магнитуды на единицу число таких землетрясений уменьшается в 10 раз:

$$\lg N_M = -\gamma_M M - C_1,$$

где

$$\gamma_M \approx 1.$$



Обвал в районе селения Ахатлы

Поэтому расположение очага землетрясения 14 мая 1970 г. геологи могли предвидеть. Тем более, что здесь же произошла катастрофа в 1830 г. Сведения о разрушениях (инструментальных данных, естественно, нет) свидетельствуют, что эпицентральная зона охватывала тогда

примерно ту же территорию, а может быть, была еще обширнее. Геологи могут дать указания, где следует ожидать землетрясения, но они (да и сейсмологи тоже) не умеют предвидеть момент, когда оно произойдет.

Возникновение и развитие очага

Дагестанского землетрясения, как нам кажется, подтверждает картину строения земных недр в этой части Кавказа. Картину, основанную только на геологических данных. Глубина очага значительна (30—40 км). А это уже верхние части мантии. Смещение в основном разрыве, давшем на поверхности 8-балльное землетрясение, ориентировано, вероятно, по меридиану, т. е. очаг связан с субмеридиональной поперечной структурой, точнее, с восточным склоном этого поднятия. (Об этом отчасти свидетельствует меридиональный выступ 7-балльной изосейсты). Повторные толчки распадаются на две группы: глубокие, в общем, ориентированные беспорядочно, и мелкие, расположенные почти вдоль широты. Причем мелкие очаги возникают быстро один за другим и «выстраиваются» вдоль широты. Так происходит постепенное развитие очага вверх, разрядка напряжений проникает в осадочную толщу, где преобладает субширотная ориентировка геологических структур.

Конечно, еще многое предстоит сделать сейсмологам: установить



Такие глинобитные постройки таят угрозу, а иногда и гибель своим обитателям. Справа — легкая тижина, которая во время землетрясения испытывает неопасные деформации

А площадь трещины? Здесь соотношение таково:

$$\lg S = \alpha_M M + C_3,$$

где

$$\alpha_M \approx 1.$$

ориентировку разрывов и относительных смещений в основном очаге землетрясения, а также в очагах повторных толчков; оценить напряжения, которые были здесь. И тогда, быть может, закончится спор о характере разрыва, по которому сочленяется Предкавказская платформа с геосинклиналью Большого Кавказа: надвинута ли платформа на горное сооружение или растущая горная страна проседает и поддвигается под платформу. В настоящее время среди геологов нет единого мнения по этому вопросу, а он очень важен для понимания закономерностей развития земной коры.

Дагестанское землетрясение — еще одно свидетельство того, что в молодых горных районах, недавно (с позиций геологии) прошедших этап геосинклинального развития, процессы горообразования и активного развития земной коры далеко не закончились.

В. Н. ШОЛПО
кандидат
геолого-минералогических наук

Перемножив эти уравнения и сложив их для всяких M , получим:

$$\sum_M N_M S_M = C.$$

Здесь N — число землетрясений, M — магнитуда, S — площадь трещины, C — постоянная.

Суммарная площадь всех разрывов не зависит от магнитуды! Это значит, что трещине все равно: быть ли площадью S и повториться 100 раз или быть площадью $100 S$ и произойти один раз. Похоже, что процесс возникновения сильного землетрясения почти полностью зависит от случайных обстоятельств (как говорят, недетерминирован). После этого, правда, не хочется думать о прогнозе.

Но я не могу закончить статью минорным аккордом. Уж если не прогноз, то придется заняться предотвращением землетрясений. Но как? Давайте думать! Вот, например, хилые землетрясения Бруна и Аллена. Ведь это, по существу, землетрясения в зоне, вспоротой когда-то происшедшей сейсмической катастрофой. Годы, десятилетия трещина не зарастает, способная лишь на вялые, не очень опасные толчки. А может быть, не дать ей зарости? Ведь основная энергия выделена, а ту дополнительную, которую ежегодно приносят недра, можно безопасным образом выпустить на волю серии слабых толчков или просто «на тормозах», т. е. на медленном пластическом движении с трением, так называемом крипе.

Если бы нам это удалось, то в любом месте Земли всякая сейсмическая катастрофа больше бы не повторилась никогда. Не о таком ли парадоксе нужно мечтать сейсмологу?



РАССКАЗ О ФИЛЬМЕ

«В изучении космического пространства, Луны и других небесных тел солнечной системы в нашей стране ведущая роль сейчас отводится автоматическим аппаратам».

Академик Б. Н. Петров

«Здравствуй, лунный камень!»

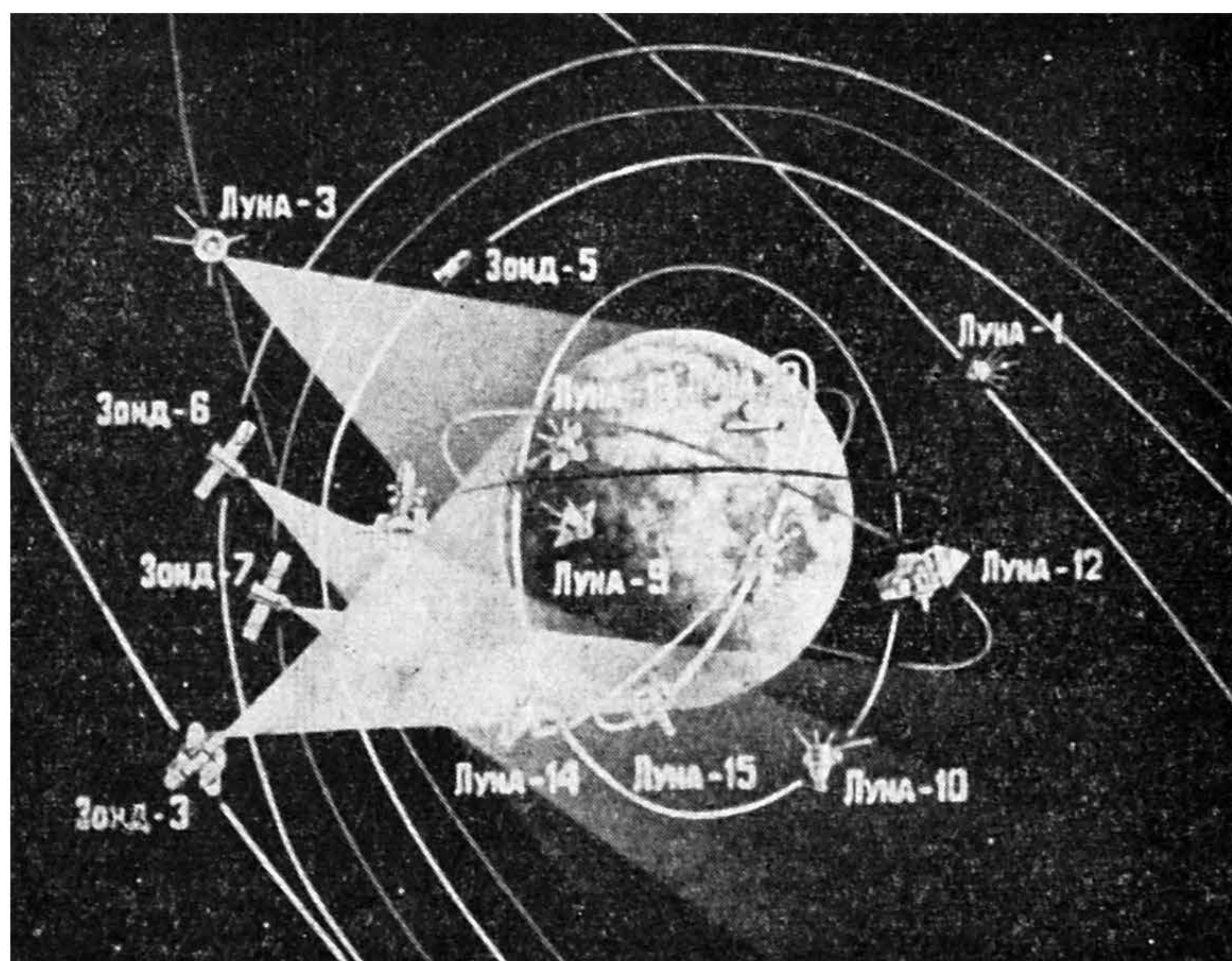
Так называется новый цветной научно-популярный фильм, рассказывающий о полете автоматической станции «Луна-16», о том, как впервые была успешно решена принципиально новая задача полета автоматического аппарата на другое небесное тело — Луну, взятия грунта и возвращения на Землю. Лента подготовлена кинематографистами Центральной Ордена Красной Звезды студии научно-популярных и учебных фильмов.

«Каждый раз, когда мы готовим

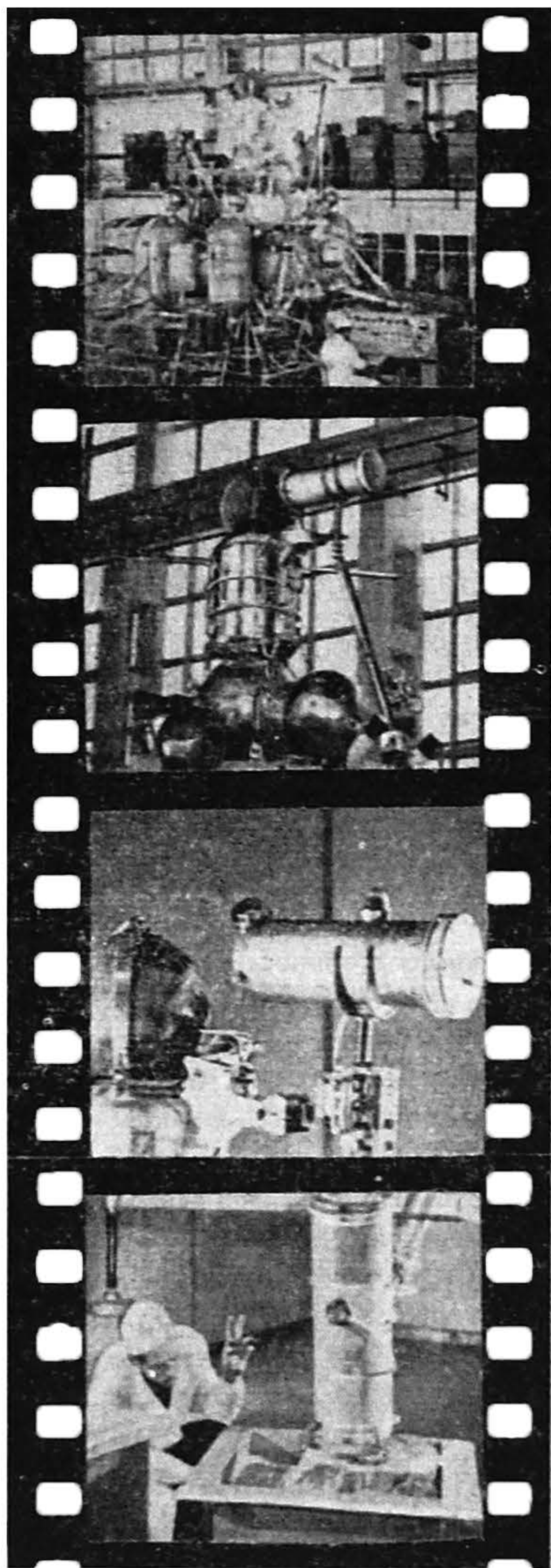
фильм о новых успехах советской космонавтики, — сказал в беседе с корреспондентом нашего журнала режиссер фильма Е. В. Кузис, — творческий коллектив испытывает чувство огромной ответственности. Так было и на этот раз. Требовалось, чтобы зрители почувствовали себя очевидцами уникального научного эксперимента, осуществленного автоматической станцией «Луна-16».

Прекрасный дикторский текст поясняет, а музыкальное сопровождение эмоционально оттеняет проис-

Новый цветной научно-популярный фильм. Автор сценария — Г. Н. Остроумов. Режиссер — Е. В. Кузис. Оператор А. И. Мартынец. Режиссер мультипликации Н. К. Подольская. Композитор — А. М. Севастьянов. Звукооператор — Б. М. Кокин. Текст читает Л. И. Хмара. Директор картины И. С. Полибин. Производство киностудии «Центрнаучфильм», 1970 г.



Рейсу «Луны-16» предшествовали многочисленные полеты беспилотных космических аппаратов



На кадрах сверху вниз: автоматическая станция «Луна-16» в сборочном цехе; ракета «Луна — Земля» с возвращаемым аппаратом, справа — буровой механизм на штанге, внизу — топливные баки; возвращаемый аппарат и буровой механизм (справа); испытание бурового механизма

ходящее на экране. Быстро сменяющиеся кадры показывают, как подготавливается этот беспримерный в истории космонавтики рейс по маршруту Земля—Луна—Земля. Объектив съемочной кинокамеры скрупулезно и последовательно фик-

сирует основные стадии подготовки и опробования узлов беспилотного летательного аппарата.

Мы видим, как работает грунтозаборный механизм. Электрический бур станции «Луна-16» способен по команде с Земли перемещаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На испытательном стенде он забирает образец породы и осторожно отправляет его в герметизированный контейнер.

Запоминаются кадры, запечатлевшие монтаж автоматической станции.

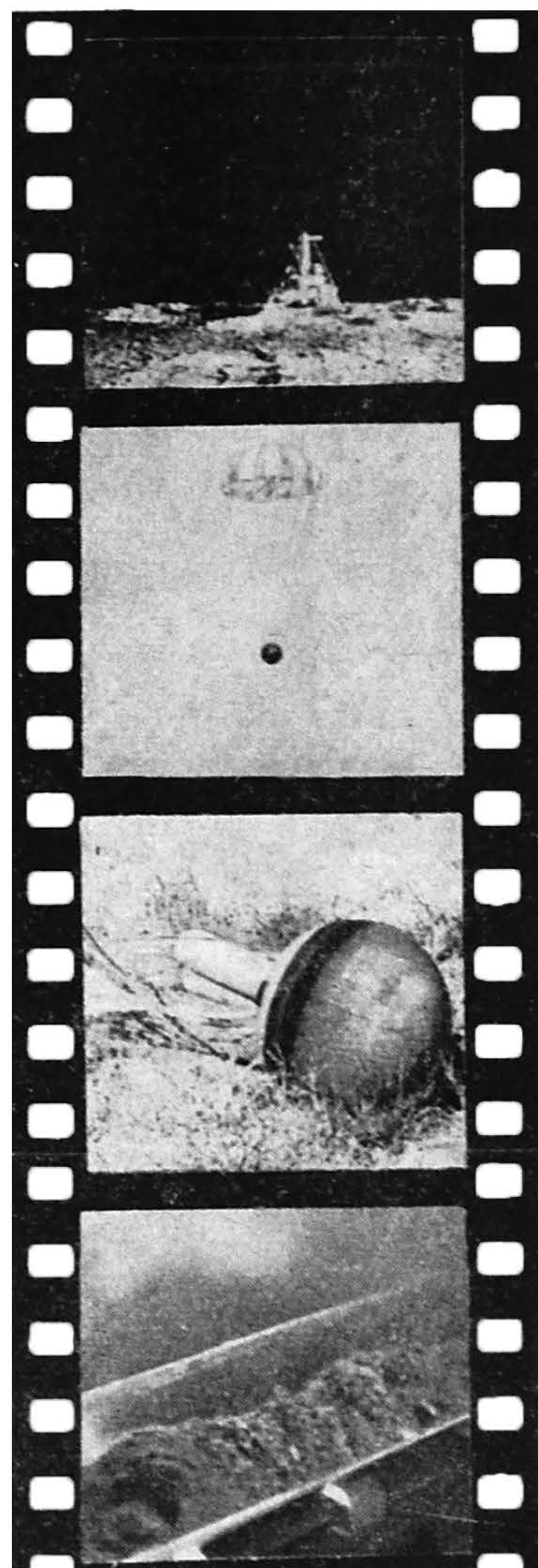
И вот полет... Каждому интересно посмотреть, как в отличие от прежних советских автоматических станций серии «Луна», а также американских аппаратов серии «Сервейер», впервые в мировой космонавтике осуществлена мягкая посадка станции «Луна-16» с орбиты искусственного спутника Луны.

Авторам фильма средствами кинематографа удалось выразительно показать коррекцию орбиты, мягкую посадку в заранее выбранном районе Луны, взятие лунного грунта, старт космической ракеты с возвращаемым аппаратом.

Нельзя без волнения смотреть заключительную часть фильма.

Возвращаемый аппарат проходит через плотные слои атмосферы. Четко работают все звенья службы поиска. В небе бело-оранжевый купол парашюта. Это возвращаемый аппарат станции «Луна-16». Зрители фильма слышат настойчивые позывные радиомаяка... К месту приземления спешат вертолеты.

8 часов 26 минут 24 сентября 1970 г. — «лунник» в объятиях Земли... Осуществлен смелый замысел ученых и инженеров. Высокое творческое вдохновение и поистине титанический труд предопределили новое достижение советской науки и техники. Ярко продемонстрированы огромные возможности, которые раскрывают перед человечеством автоматические устройства и системы управления. Выдающийся эксперимент комментируют крупнейшие советские ученые — вице-президент Академии наук СССР академик А. П. Виноградов и председатель совета



На кадрах сверху вниз: «Луна-16» на лунной поверхности после мягкой посадки (модель); спуск возвращаемого аппарата на парашюте; возвращаемый аппарат на Земле; лунный грунт, переданный Академии наук СССР

«Интеркосмос» академик Б. Н. Петров. Они подчеркнули большое значение исследований доставленной на Землю лунной породы для дальнейшего развития познаний о происхождении Луны и всей солнечной системы.

Д. Я. МАРТЫНОВ
профессор

Что беспокоит астрофизиков

Рожденные ядерными реакциями в недрах Солнца нейтрино доходят до нас без изменений и без потерь. Но почему их меньше, чем ожидалось? Верны ли наши представления об источниках звездной энергии?

«Мы никогда не сможем заглянуть в недра звезды», — так обычно говорят астрофизики, когда речь заходит о внутреннем строении звезд. Но излучение, исходящее с поверхности звезды, а также ее масса и радиус сообщают многое о том, что происходит в глубине, и становится возможным проверять теоретически построенные звездные модели наблюдениями. Важнейшее место в таких построениях занимает анализ способа, которым генерируется звездная энергия.

В настоящее время ядерная физика предлагает для звезд главной последовательности два вида реакций (в зависимости от массы звезды и, следовательно, температуры в ее недрах), поддерживающих лучеиспускание звезды. Одна из них — протон-протонная реакция. При температурах 8 млн. градусов и выше протоны p , соединяясь, последовательно образуют дейтерий (D^2) — тяжелый изотоп водорода, изотоп гелия He^3 , а в конечном счете два ядра He^3 дают одну α -частицу (He^4) и два протона. Другая реакция — углеродный цикл — состоит в том, что при участии ядра углерода последовательно объединяются четыре протона в α -частицу, тогда как ядро углерода свободно выходит из реакции. Если температура выше 20 млн. градусов, протон-протонная реакция идет иначе: образуются ядра бериллия и выбрасывается нейтрино с высокой

энергией. Между началом и концом реакции образуется всего три нейтрино, а в углеродном цикле — два. Существующие модели звезд главной последовательности и теория их эволюции покоятся на признании протон-протонной и углеродной реакций. Но являются ли они единственно возможными? В рамках известных нам физических теорий — да. Но, может быть, мы не все знаем?

Оказывается, мы можем проверить себя, заглянув с помощью нейтрино в недра звезды. Нейтрино — мельчайшие из элементарных частиц, открытых ядерной физикой. Эффективное поперечное сечение нейтрино равно 10^{-44} см² при энергии их в 1 Мэв. В то время как фотон, рожденный в центре звезды, прежде чем выбраться на поверхность ее, испытывает 10 млрд. столкновений с атомами и, поглощаясь и переизлучаясь вновь, теряет свои первоначальные качества, нейтрино проходит через всю звезду, практически не испытав ни одного столкновения. В результате из Солнца и звезд идет непрерывный поток нейтрино. Эти частицы несут заметное количество энергии и информацию о явлениях, протекающих в центральных областях звезды. Дело в том, что поток нейтрино и энергия их сильно зависят от температуры, при которой они рождаются, и способа их возникновения.

Если бы мы могли построить ней-

тринный телескоп, мы «увидели» бы недра звезды. Но та же способность нейтрино пронизывать миллионы километров материи делает устройство нейтринного телескопа безнадежным занятием. Действительно, это занятие безнадежно, если иметь в виду привычное нам устройство оптического телескопа. Нам вполне достаточно другое — уловить хотя бы ничтожную (но учитываемую!) долю потока нейтрино, приходящего от Солнца и пронизывающего каждый квадратный сантиметр поверхности Земли, чтобы расчетным путем установить, каков же полный поток солнечных нейтрино.

Несколько лет назад нейтринный уловитель был построен. Это — огромная емкость (380 000 л) четыреххлористого этилена C_2Cl_4 , которую поместили на дне шахты глубиной 1,5 км. Глубокое заложение оберегает четыреххлористый этилен от всяких мешающих эксперименту воздействий и, в первую очередь, от космических лучей. А изотоп хлора Cl^{37} выбран в качестве детектора нейтрино потому, что, захватив нейтрино, ядро Cl^{37} испытывает β -распад и превращается в ядро аргона Ar^{37} . Выбрасываемый при этом электрон улавливается счетчиком.

Тонкость эксперимента видна из следующего: оцениваемый из различных солнечных моделей поток нейтрино на 1 см^2 поверхности Земли составляет около 6 млн. в секунду, а число реакций



(ν — нейтрино, e^- — электрон) в 380 000 л четыреххлористого этилена будет всего одна в день! Причина столь малого выхода лежит в упоминавшемся выше ничтожном поперечном сечении нейтрино.

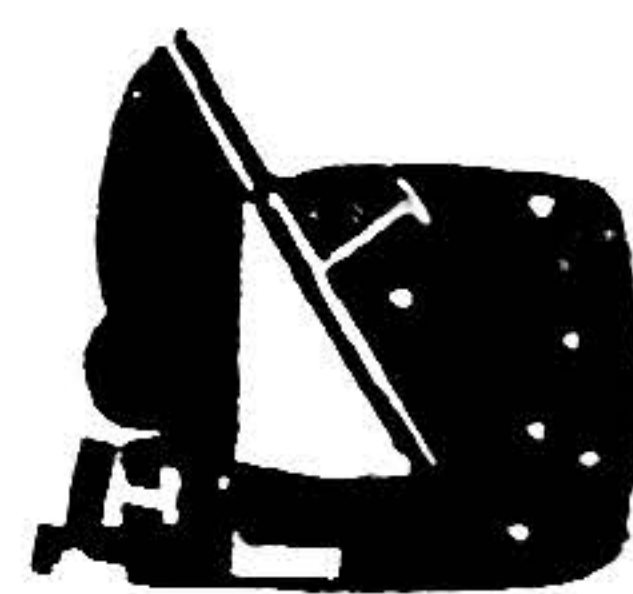
Эксперименты, которые в 1968 г. один раз в течение 48, а другой — в течение 110 суток провели американские исследователи Р. Дэвис, Д. Хармер и К. Хофман, показали, что вместо ожидаемой частоты захвата нейтрино 6×10^{-36} в секунду на 1 атом Cl^{37} , наблюдалась частота меньше 3×10^{-36} в секунду, т. е. по крайней мере в 2—3 раза меньше,

чем предсказывает теория. Точный множитель не может быть назван, так как частота захвата 3×10^{-36} в секунду на 1 атом Cl^{37} — предел чувствительности установки (соответствующий поток около 2 млн. нейтрино на 1 см^2).

Чем же объясняется такое расхождение? Самое смелое заключение — признать, что существующие теории ядерных источников звездной энергии неверны. Но это было бы поспешное заключение. Дело в том, что в теориях внутреннего строения звезд не все безупречно. В них не всегда надежно учитываются масштабы конвективного перемешивания вещества, не вполне уверенно вычисляется коэффициент поглощения радиации. С другой стороны, и в расчетах скорости реакции, происходящей в четыреххлористом этилене, тоже есть слабые места. Мы, например, не знаем некоторых энергетических уровней в ядре аргона, поэтому теоретический подсчет скорости реакции может быть искажен, правда, не более чем на 25%.

Впрочем, большие трудности представляют учет скорости ядерных реакций на Солнце и, особенно, степень разветвления протон-протонной реакции в зависимости от температуры. Немаловажным фактором является также содержание тяжелых элементов в недрах Солнца. Уменьшение их вдвое вызовет вдвое меньший поток нейтрино.

Почти не зависит от принятых параметров солнечной модели первая ступень протон-протонной реакции $p + p \rightarrow D^2 + \nu$, но она дает поток нейтрино в 10 раз более слабый, чем предел чувствительности в эксперименте группы Дэвиса — 3×10^{-37} в секунду на 1 атом Cl^{37} . Если бы удалось усовершенствовать эксперимент до такой чувствительности, он стал бы решающим для суждения о правильности наших теорий внутреннего строения звезд и источников их энергии. Не удивительно, что астрофизики очень озабочены этим вопросом. Он был предметом обсуждения на XIV генеральной ассамблее Международного астрономического союза, но решение его пока не найдено.



СТАРЕЙШИЙ ЛУННЫЙ БАМЕНЬ

Может быть, один из самых удивительных лунных камней уже доставлен на Землю. Его подобрали в Океане Бурь космонавты «Аполлона-12». Этот небольшой, размером с лимон и весом 83 г, обломок внешне похож на гранит, но его минералогический состав очень сложный.

Как показали предварительные исследования, он отличается сильной радиоактивностью и содержит в 20 раз больше урана, тория и калия, чем ранее изученные образцы лунных пород.

Доктор Дж. Вассербург (Калифорнийский технологический институт), измерив содержание стронция-87 и рубидия-87 в этом лунном образце, установил, что возраст его равен 4,6 млрд. лет. Напомним, что стронций-87 образуется при радиоактивном распаде рубидия-87. Если скорость распада известна, то отношение содержания изотопов определяет время, прошедшее с момента затвердения камня.

Возраст солнечной системы, как известно, немного меньше 5 млрд. лет. Следовательно, лунный камень ведет свое существование почти с того времени, когда происходила конденсация солнечной системы. Очевидно, с момента образования некоторые участки лунной поверхности остались неизменными.

«Sky and Telescope», 40, 1, 1970.

КОМЕТА АБЕ

3 июля 1970 г. японский астроном Ш. Абе открыл новую комету, получившую обозначение 1970 g. В то время она была примерно 9-й звездной величины. Комета приближалась к Солнцу и Земле, и блеск ее возрастал.

1 сентября 1970 г. комету Абе сфотографировали на станции наблюдения искусственных спутников Земли при Ярославском педагогическом институте А. М. Огнев, В. П. Приходько, В. В. Кутюмин, С. В. Кутюмин и М. Бартенев. Комета находилась в созвездии Цефея и перемещалась на юго-запад со скоростью 3 минуты

дуги в час. Блеск ее составлял 6 звездных величин.

Согласно элементам орбиты, вычисленным американским астрономом Б. Марсденом, комета прошла перигелий 20 октября 1970 г. Ее орбита наклонена к плоскости эклиптики на 127° — движение кометы обратное. В перигелии комета подходит к Солнцу на 1,1 а. е., в афелии уходит далеко за пределы орбиты Плутона.

В. А. БРОНШТЭН
кандидат
физико-математических наук

КУВАЛОЙ... ПО МЕТЕОРИТУ

12 февраля 1947 г. в Сихотэ-Алинской тайге прошел «железный дождь»: на землю выпали осколки гигантского метеорита, который под действием аэродинамического напора разрушился еще в воздухе.

Как происходило дробление метеорита? На этот вопрос попытался ответить английский астроном Б. Хеллер. В своей работе он использовал данные, полученные советскими учеными. Экспедиции Академии наук СССР неоднократно выезжали на место падения Сихотэ-Алинского метеорита и вывезли оттуда 23 т осколков. Общая масса выпавшего вещества, вероятно, достигает 100 т.

Оказывается, если каменную глыбу ударить тяжелым молотом, она расколется на небольшое количество крупных осколков и множество мелких частиц (вплоть до пылинок). Осколков среднего размера и веса почти не будет. Если же нанести на график распределение числа осколков по массе, кривая, соответствующая этому распределению, будет иметь невысокий горб (крупные осколки), довольно глубокую яму (осколки среднего размера и веса) и прямолинейный участок (мелкие частицы). При повторных ударах крупных осколков становится все меньше и наконец они исчезают вовсе. Распределение частиц на графике уже не прямолинейное и подчиняется степенному закону. Таков же характер распределения многих космических объектов — астероидов, метеоров, космических пылинок, лунных кратеров, — происхождение которых связано с дроблением.

График распределения осколков Сихотэ-Алинского метеорита в зависимости от массы показывает, что процесс дробления прервался в самом начале. Иными словами, метеорит испытал при полете силовое воздействие более мягкое, чем, скажем, удар кувалды. Многочисленные образцы весом более 2—3 кг, найденные на месте падения, представляют собой не «настоящие» осколки, а остатки первоначального тела. Для образцов с массой от 2 кг до 60 г справедлив степенной закон распределения: это — «истинные» осколки. Распределение более мелких осколков не

соответствует степенному закону. Это, наверняка, объясняется потерями при сборе. Ведь отыскать в тайге осколки весом в граммы и доли грамма очень трудно.

«Observatory», 90, 975, 1970.

НОВАЯ ПРОГРАММА ПО АСТРОНОМИИ В ШКОЛАХ ГДР

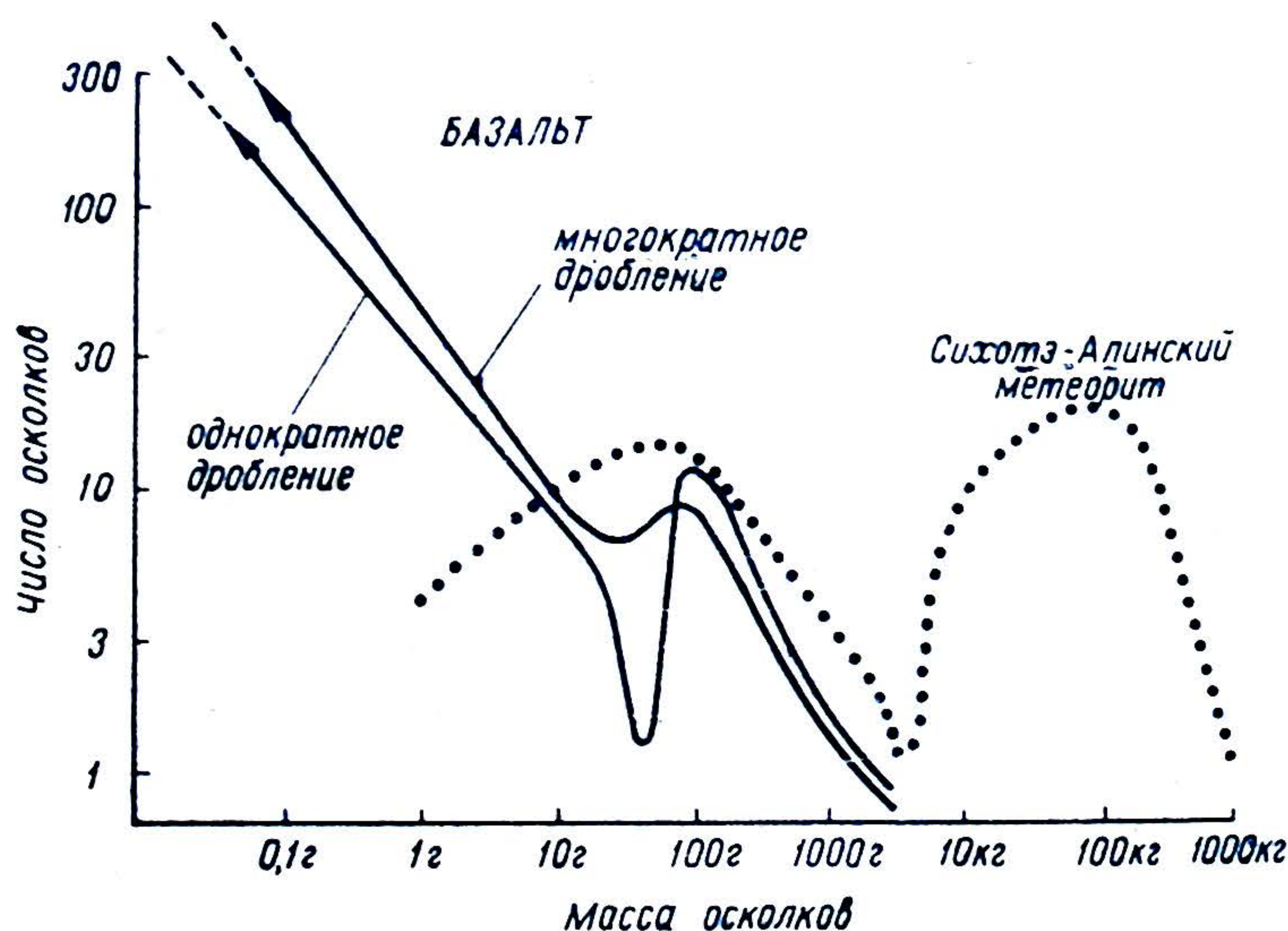
С 1971/72 учебного года в 10 классе средней школы Германской Демократической Республики вводится новая программа по астрономии. Этому предшествовало обстоятельное обсуждение содержания курса астрономии. Ученые, методисты и учителя астрономии выступали с многочисленными статьями в журнале «Астрономия в школе», а также обменивались мнениями во время «Дней школьной астрономии» — ежегодно проводившихся в ГДР совещаниях и семинарах преподавателей астрономии средних школ.

На изучение астрономии в школах ГДР отводится 31 час (из них 28 часов — уроки, а 3 часа — обязательные астрономические наблюдения). Программа состоит из двух основных разделов: «Планетная система» (16 часов) и «Астрофизика и звездная астрономия» (12 часов). Первый раздел включает пять тем: «Введение в астрономию» (2 часа), «Земля как небесное тело» (4 часа), «Луна» (3 часа), «Планетная система» (6 часов), «Развитие представлений о планетной системе» (1 час). Во втором разделе четыре темы: «Солнце» (3 часа), «Звезды» (5 часов), «Млечный Путь и внегалактические системы» (2 часа), «Заключительный обзор» (2 часа).

В отличие от старой программы (1959 г.), в новой основное внимание уделяется астрофизическим и мировоззренческим вопросам. Увеличилось не только количество таких вопросов, но и глубина их изучения. Предполагается, что курс астрономии будет не легковесно-описательным, а достаточно серьезным и строгим, основанным на знаниях учащихся по физике, математике, философии. Элементы сферической и практической астрономии кратко рассматриваются в теме «Земля как небесное тело».

Знакомясь с новой программой по астрономии для немецких школ, нетрудно заметить совпадение основных тенденций развития и совершенствования методики преподавания астрономии в нашей стране и в ГДР.

Е. П. ЛЕВИТАН



Распределение осколков Сихотэ-Алинского метеорита и базальтовой глыбы при однократном и многократных ударах

Л. С. МАРЧНИК
доктор
физико-математических
наук
А. А. СУЧКОВ
кандидат
физико-математических
наук

Чем объясняется спиральная структура галактик

Уже более века известно, что многие галактики имеют спиральную форму. Но как возникает спиральный узор галактики и в чем причина его поразительной «живучести» на протяжении миллиардов лет!

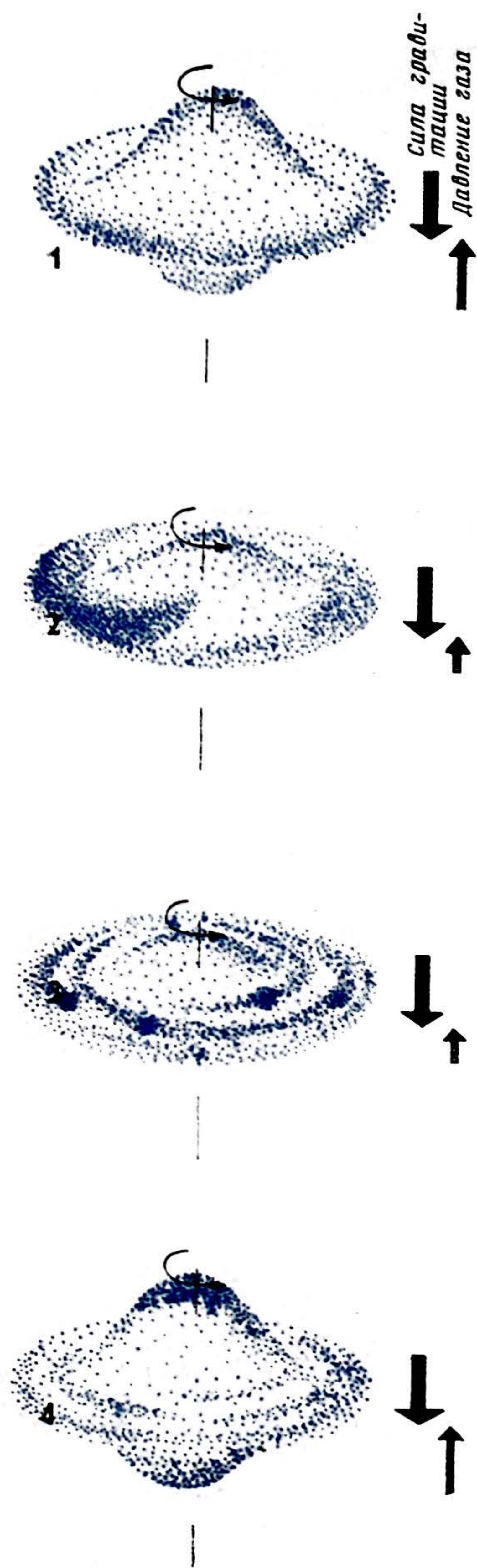
«МАТЕРИАЛЬНАЯ» ТЕОРИЯ

Угловая скорость вращения галактик неодинакова на разных расстояниях от центра, т. е. их вращение дифференциально. Чем дальше от центра галактики, тем меньше скорость вращения, поэтому любое уплотнение материи будет растягиваться дифференциальным вращением и примет спиральную форму. Казалось бы, этим и можно объяснить происхождение спиральных ветвей. Однако так возникшие ветви очень быстро (за один — два оборота галактики вокруг оси) «расташатся» тем же дифференциальным вращением и перестанут существовать. А возраст спиральных галактик определяется десятками периодов вращения. Следовательно, связывать происхождение спирального узора галактик с дифференциальным вращением можно, лишь

предположив, что спиральные рукава каким-то образом постоянно регенерируются: одни исчезают, а вместо них появляются новые.

Именно эту идею развили в своей теории английские ученые П. Голдрайх и Д. Линден-Белл. Мы назвали их теорию «материальной» потому, что ее авторы считают спиральные рукава сгустком материи, жестко связанным с галактикой и участвующим в общем вращательном движении материи в галактике.

Галактику грубо можно представить в виде вращающегося диска из звезд и межзвездного газа. Физические процессы, влияющие на состояние галактики, происходят в газовой составляющей, а звездная составляющая играет второстепенную роль, пассивно реагируя на изменения гравитационного поля, связанные с этими процессами. Сила гравитации стремится сжать газовый



Возникновение одного поколения спиральных ветвей галактик по теории Голдрайха и Линден-Белла. В галактике сила гравитации уравновешивается давлением газа (1). Если давление газа уменьшается, газовый диск сжимается и возникают сгустки газа (2). Дифференциальное вращение растягивает их в спиральные рукава (3). Но затем молодые горячие звезды нагревают газ, его давление возрастает, а спиральные ветви постепенно растаскиваются дифференциальным вращением (4). Галактика приходит в первоначальное состояние

диск, а давление газа, обусловленное его турбулентными движениями, препятствует этому. Но энергия турбулентного движения, если нет источников нагрева, быстро уменьшается: ее уносят ударные волны, которые возникают при турбулентном движении. Газ сжимается, его слой становится все тоньше, а средняя плотность увеличивается. При некотором достаточно большом значении плотности давление газа, вообще, не может противодействовать силам гравитации. И тогда образуются отдельные быстро сжимающиеся сгустки газа. Система, как говорят, становится неустойчивой. Сгустки материи растягиваются дифференциальным вращением и возникает спиральный узор, который мы и наблюдаем.

Там, где плотность газа достигает очень большой величины, начинают рождаться звезды. Молодые звезды излучают огромное количество энергии в окружающее пространство. Эта энергия частично поглощается газом, превращаясь в энергию хаотического турбулентного движения. Но тогда, очевидно, давление газа возрастает, слой газа утолщается и плотность падает ниже уровня, необходимого для развития неустойчивости. В это же время спиральные рукава «растаскиваются» дифференциальным вращением и исчезают. Однако звезды могут излучать большое количество энергии сравнительно недолго. Их яркость постепенно падает, опять начинает уменьшаться давление газа и весь процесс повторяется сначала. Так из поколения в поколение рождаются, закручиваются и рассеиваются спиральные рукава.

«Материальная» теория привлекательна, но едва ли она объясняет происхождение спиральных ветвей галактик. И вот почему. Во-первых, в нашей Галактике не могут возникать сжимающиеся сгустки газа, а следовательно, вряд ли возможен тот тип гравитационной конденсации газа в спиральные рукава, который обсуждается теорией.

Во-вторых, если механизм образования спиральных ветвей, предложенный Голдрайхом и Линден-Бел-

лом, достаточно универсален, то в галактиках одного типа мы могли бы наблюдать ветви с разной степенью закрученности: появившиеся раньше ветви будут закручены сильнее. Но у галактик сходных типов ветви всегда имеют одинаковую закрученность. Степень закрученности определяется не тем, сколько времени прошло с момента рождения ветви, а распределением массы внутри галактики. Уже из этого соображения следует, что спиральные ветви должны «жить», игнорируя каким-то образом дифференциальное вращение, почти столько же, сколько галактика.

Наконец, согласно теории Голдрайха и Линден-Белла, спиральные ветви галактик должны быть закручивающимися. Однако советский астроном Б. А. Воронцов-Вельяминов установил, что спиральные ветви галактик могут быть как раскручивающимися, так и закручивающимися. Б. А. Воронцов-Вельяминов обнаружил даже галактики, в которых оба типа ветвей сосуществуют. В таких галактиках закручивающиеся и раскручивающиеся спирали пересекаются, образуя фигуру, похожую на греческую букву γ . Поэтому они получили обозначение галактики γ -формы. Открытие галактик γ -формы заставляет сомневаться, что происхождение спиральных рукавов следует связывать с дифференциальным вращением.

«ВОЛНОВАЯ» ТЕОРИЯ

В противоположность «материальной», существует «волновая» теория происхождения спиральных ветвей. Спиральная структура галактики в ней рассматривается как проявление спиральных волн плотности во вращающейся гравитирующей среде. Эта идея была впервые высказана шведскими астрономами, отцом и сыном Линдбладами, и вновь возродилась в теории американских математиков К. Лина и Ф. Шу.

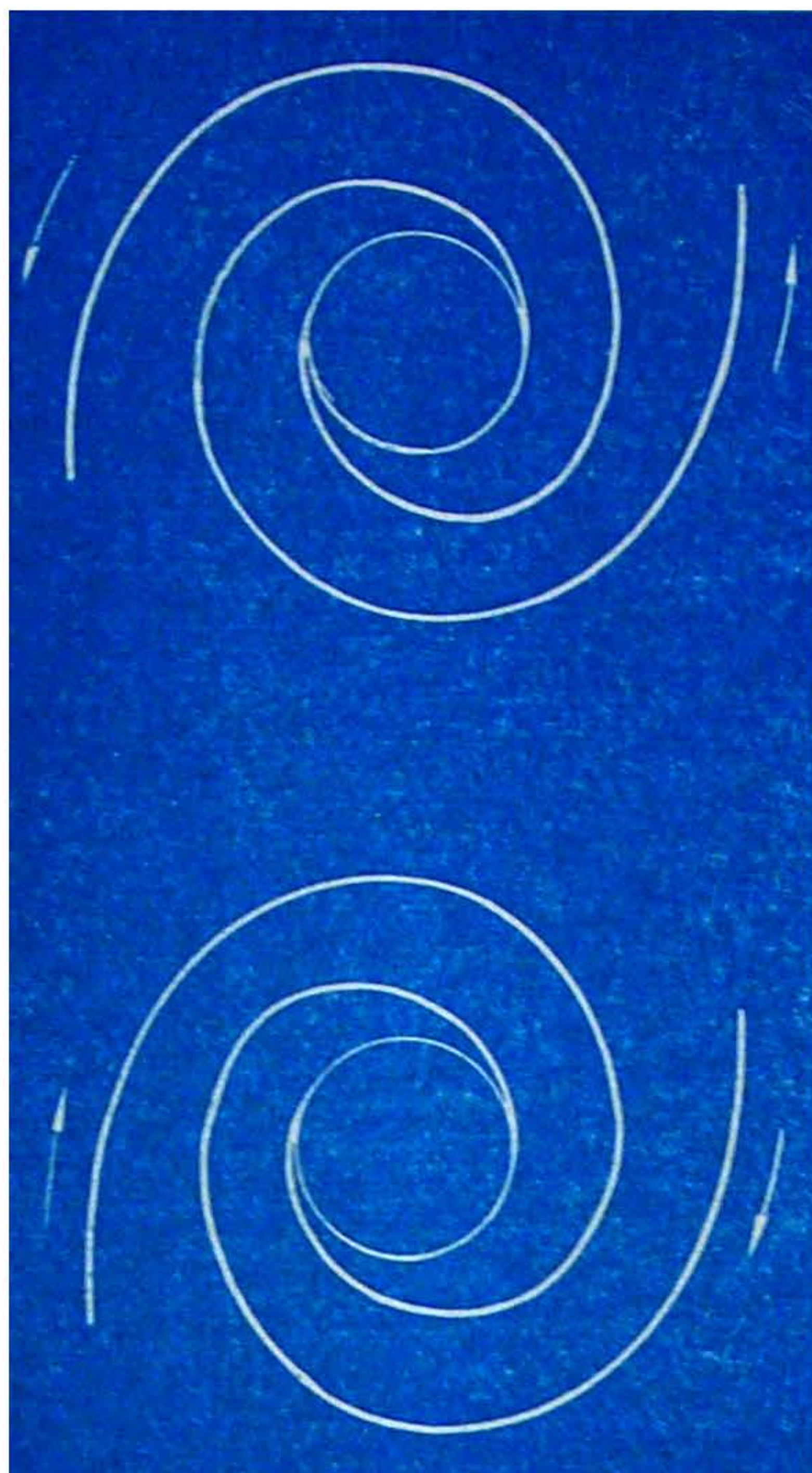
Как известно, волны распространяются только в упругой среде. Упругость обычного газа обусловлена столкновениями молекул. Галактики, состоящие из очень большого

числа звезд, часто уподобляются газу, у которого роль молекул играют отдельные звезды. Но в отличие от обычного «столкновительного» газа, звездный «газ» настолько разрежен, что «столкновения» (точнее, близкие прохождения звезд) случаются так редко, что их вообще можно не принимать во внимание. Именно поэтому звездный «газ» галактик часто называют «бесстолкновительным». Он больше напоминает высокотемпературную разреженную плазму, с которой его роднит еще одно общее свойство. Электрическое поле заряженной частицы довольно медленно убывает с расстоянием, поэтому в плазме она взаимодействует одновременно со всеми окружающими ее частицами. Каждая звезда также взаимодействует одновременно со всеми окружающими ее звездами, но уже благодаря медленному убыванию ньютоновых сил гравитации. Такие взаимодействия называют коллективными. Они делают плазму упругой и дают возможность волнам распространяться в ней.

Взаимодействия в плазме и в звездном «газе» различаются знаком силы: между частицами одного заряда действует сила отталкивания, между звездами — сила притяжения, что приводит к радикальному различию свойств плазмы и звездного «газа». В частности, звездный «газ», в отличие от плазмы, не обладает упругостью, так что распространение волн в бесстолкновительном звездном «газе» невозможно.

Все эти рассуждения справедливы лишь для незвращающихся звездных систем. Во вращающихся галактиках возникает очень своеобразная упругость, благодаря которой в плоскости, перпендикулярной оси вращения, могут распространяться волны. Эта упругость порождается известной из механики кориолисовой силой.

В теории Лина и Шу рассматриваются «туго закрученные» спиральные волны. С такими волнами можно сопоставлять спиральные рукава нормальных галактик типа Sa и Sb. Лин и Шу показали, что туго закрученные спиральные волны почти



Раскручивающиеся (вверху) и закручивающиеся спиральные ветви. Стрелка указывает направление вращения

не искажаются дифференциальным вращением. Скорость вращения волнового спирального узора в общем случае не совпадает со скоростью вращения галактики. Значит волна движется относительно среды. Любопытно, что согласно исследованию, проведенному датским астрономом Б. Стрёмгреном, спиральные рукава вращаются со скоростью заметно меньшей, чем скорость вращения Галактики.

В «волновой» теории Лина и Шу амплитуда волн плотности предполагается бесконечно малой, много меньше средней плотности среды. Наблюдения же показывают, что плотность внутри спиральных рукавов значительно превышает среднюю плотность. Таким образом, относиться серьезно к волновой гипотезе можно лишь в том случае, если существует какой-нибудь физический процесс, который мог бы

заставить нарастать плотность спиральных волн до тех пор, пока они не станут заметными, пока их амплитуда не станет конечной, а не бесконечно малой.* Другими словами, спиральные ветви галактик можно отождествлять с волнами, лишь установив факт неустойчивости этих волн. Только неустойчивость может увеличить амплитуду волны плотности до значения, сравнимого со средней плотностью материи. При этом должны возникать так называемые «нелинейные» эффекты, которые приведут систему в стационарное состояние со спиральными волнами конечной амплитуды, а не, скажем, в турбулентное хаотическое состояние.

В теории Лина и Шу неустойчивыми оказываются только закручивающиеся ветви. Как же тогда объяснить образование раскручивающихся ветвей галактик или галактик γ -формы? Кроме того, эта неустойчивость, по выражению самих авторов, «мягкая» и вряд ли может быть причиной образования мощных спиральных рукавов галактик. Следовательно, теория, разработанная Лином и Шу, в целом не может претендовать на объяснение природы спиральных галактик.

СПИРАЛЬНАЯ СТРУКТУРА И ЗВЕЗДНЫЕ ПОДСИСТЕМЫ ГАЛАКТИК

Недавно авторы настоящей статьи предложили новую «волновую» теорию, в которой спиральная структура объясняется особенностями взаимодействия различных звездных подсистем галактик*.

Обычная модель галактики — вращающийся диск из звезд и газа — соответствует плоской подсистеме галактики, образованной молодыми звездами и межзвездным газом. Как известно, спиральные рукава состоят в основном именно из этих объектов. Однако исследование строения спиральных галактик показало, что плоская подсистема иг-

* Я. Оорт. Строение и эволюция галактической системы. «Земля и Вселенная», № 2, 3, 1965 г.

рает в динамике галактики не очень большую роль. Ведь масса плоской подсистемы незначительна. Основная масса галактики сосредоточена в старых звездах, образующих промежуточную и сферическую подсистемы.

Обладая большей долей массы галактики, подсистемы старых звезд должны существенно влиять на динамику всех происходящих в ней процессов, в том числе и на динамику волн. Вращаются подсистемы старых звезд медленно. Скорость вращения сферической подсистемы по крайней мере раз в пять меньше, чем плоской. Поэтому в первом приближении вращением подсистем старых звезд можно пренебречь. Такая многокомпонентная кинематически неоднородная модель, учитывающая наряду с плоской также подсистемы старых звезд, намного точнее отражает реальную ситуацию в наблюдаемых галактиках.

Допустим, что галактика состоит из двух подсистем, находящихся в собственном общем поле тяготения: дифференциально вращающейся плоской и невращающейся сферической. Плоская подсистема движется через сферическую. Это возможно потому, что звездная система — «бесстолкновительная», и движение одной подсистемы не передается другой. В такой модели галактики спиральные волны малой амплитуды могут распространяться без искажения своей геометрической формы и, что самое важное, амплитуда волн быстро увеличивается. Характерное время роста амплитуды, т. е. время, за которое амплитуда увеличивается в 2—3 раза, в окрестности Солнца нашей Галактики равно 10^5 — 10^9 лет. Эта величина сравнима с возрастом спиральных рукавов Галактики. Следовательно, найденная неустойчивость — увеличение амплитуды волн — могла служить достаточно мощным механизмом образования рукавов.

Интересен механизм неустойчивости. Он обусловлен взаимодействием группы звезд сферической подсистемы, имеющих радиальную скорость, близкую к радиальной фа-

Спиральная галактика NGC 5194 в созвездии Гончих Псов. Фотографии сделаны (слева направо) в белом свете, синих и красных лучах. На снимке в синих лучах запечатлены молодые звезды, в красных лучах — старые. Заметно, что спиральные узоры, созданные молодыми и старыми звездами, не совпадают



зовой скорости волны*, с гравитационным полем волны. Такие звезды называются резонансными. Они отдают или получают энергию от волны в зависимости от того, отстают или догоняют эти звезды волну. Если отдающих энергию звезд больше, то энергия волны начинает расти и амплитуда увеличивается — возникает неустойчивость. Прочие же звезды периодически ускоряются и замедляются полем волны, не меняя, в среднем, ее энергии.

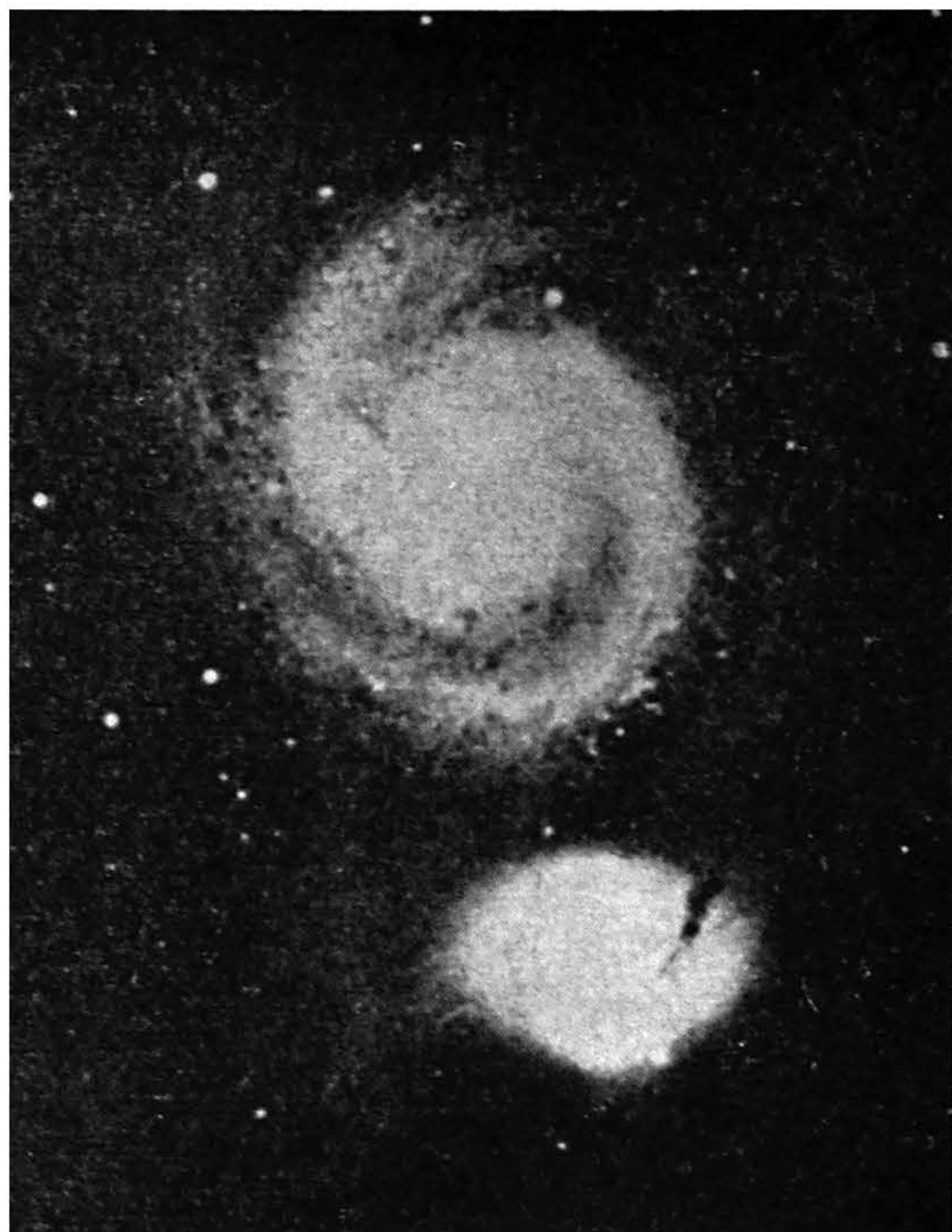
В процессе развития неустойчивости резонансные звезды изменяют свою скорость таким образом, что в конце концов неустойчивость останавливается, т. е. амплитуда волны перестает увеличиваться. Она становится настолько большой, что волны можно наблюдать как спи-

* Радиальной мы называем скорость, с которой звезда движется вдоль радиуса галактики в плоскости, перпендикулярной оси вращения. Радиальная фазовая скорость — скорость распространения волны вдоль радиуса галактики.

ральный узор галактики. Система приходит в стационарное состояние.

В невращающихся звездных системах неустойчивость не возникает, потому что эти системы не обладают упругостью и в них не распространяются волны. Во вращающихся системах волны распространяются. Но здесь на звезды действует кориолисова сила, которая искажает траекторию их движения так, что в целом они не влияют на амплитуду волны. Потому и во вращающихся системах неустойчивость отсутствует. Она появляется лишь в «упругих» звездных системах, где существуют резонансные звезды. Так как сферическая система не вращается, то на ее звезды кориолисова сила не действует, поэтому в ней возникают резонансные звезды. Упругость же обусловлена вращением плоской подсистемы.

Темп развития неустойчивости зависит от числа спиральных рукавов и от степени их закрученности. В галактике из произвольного малого начального возмущения плот-



ности с течением времени выкристаллизуется тот спиральный узор, который соответствует максимальной скорости увеличения амплитуды волны. Скорость роста амплитуды определяется плотностью, скоростью вращения и другими физическими характеристиками системы. Вот потому-то у галактик с одинаковыми физическими условиями спиральные узоры очень похожи.

Расчеты показывают, что для нашей Галактики максимальным темпом роста обладает структура с числом рукавов от двух до четырех. Расстояние между ее рукавами должно составлять 2—3 кпс. Это удивительно хорошо соответствует параметрам спиральной структуры, наблюдаемой в окрестности Солнца нашей Галактики.

Теория, разработанная авторами статьи, легко объясняет происхождение раскручивающихся ветвей галактик или галактик γ -формы, что оказалось не под силу «волновой» теории Лина и Шу. Закручивающиеся и раскручивающиеся спиральные волны динамически равноправны:

амплитуда их растет одинаково быстро, и, в принципе, в галактике могут создаваться оба типа ветвей. Если амплитуды закручивающихся и раскручивающихся волн приблизительно одинаковы, то образуется γ -форма. В общем же случае реализация того или иного типа ветвей определяется, по-видимому, характером начальных условий возникновения волн.

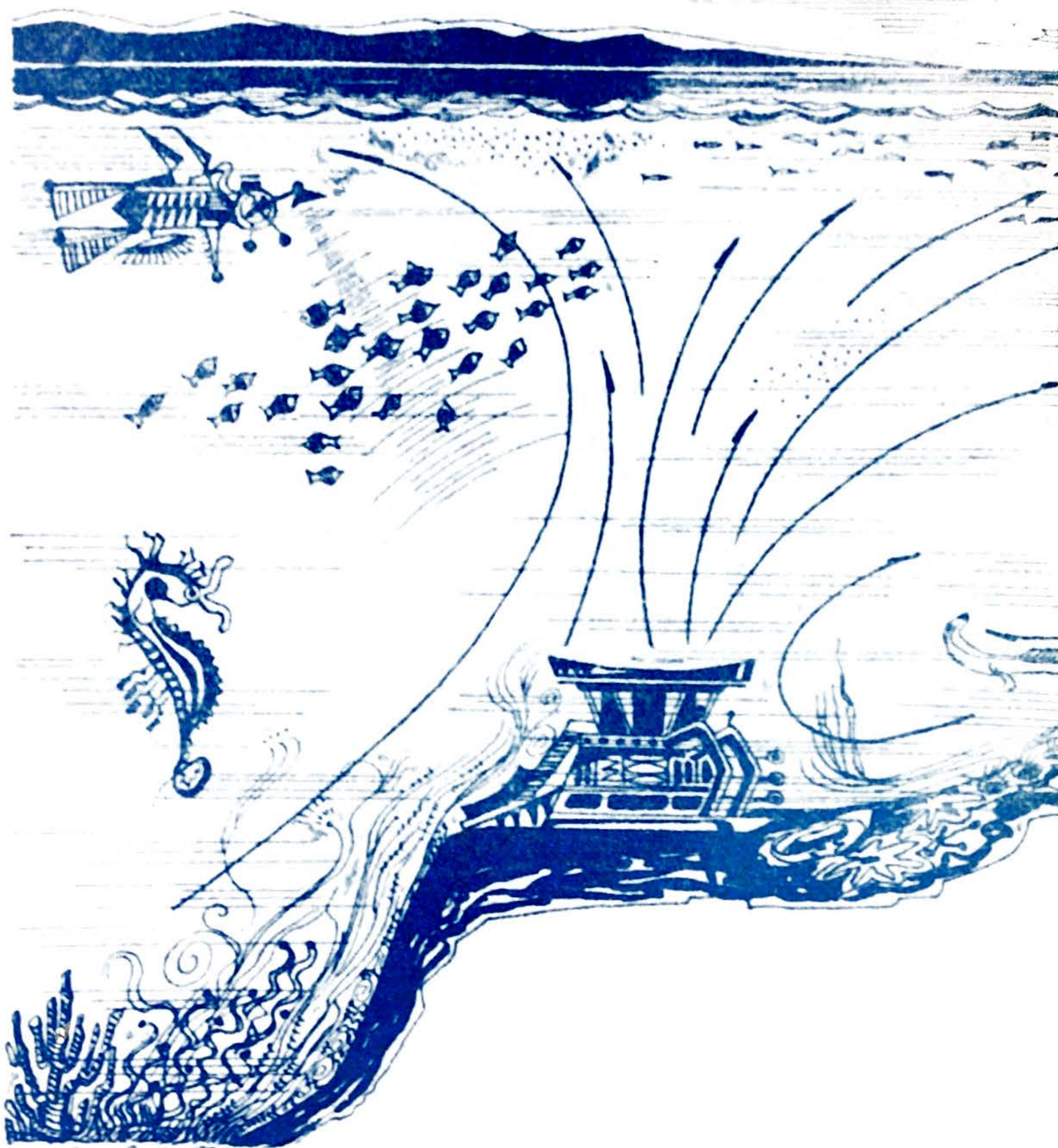
Новая «волновая» теория допускает распространение как опережающих вращение галактики волн, так и отстающих; нарастающими же будут только отстающие волны. Вывод Стрёмгрена о том, что спиральные ветви Галактики отстают от ее вращения, подтверждает этот результат.

Среди астрономов распространено мнение, что в спиральные рукава галактик концентрируются молодые звезды и межзвездный газ. «Волновая» теория предсказывает, что старые звезды также должны образовывать спиральный узор, пространственно несовпадающий с узором молодых звезд. В обычной

галактике мощность спиральных рукавов старых звезд должна быть меньше мощности рукавов молодых. Любопытно, что несовпадение спиральных узоров, образованных молодым и старым населением галактик, обнаружил американский астроном Ф. Цвикки еще в 1955 г., но это открытие никак не объяснялось.

Согласно теоретическим расчетам, в окрестности Солнца нашей Галактики спиральные рукава, образованные молодым и старым звездным населением, должны быть смещены на 200 пс вдоль направления на центр Галактики, причем мощность первых (т. е. избыток плотности в рукавах над средней) должна в 4 раза превышать мощность вторых. Если учесть, что светимость старых звезд значительно меньше светимости молодых, то станет ясно, почему мы пока видим только рукава, состоящие из молодых звезд и газа. Были бы весьма желательны специальные поиски спиральных рукавов старых звезд в нашей Галактике.

А П В Е Л И Н Г



В переводе с английского языка «upwelling» означает подъем морских вод из глубин на поверхность. В море апвеллинг вызывает бурный всплеск жизни, а на побережьях управляет погодой. Экономика таких государств, как Чили и Перу, зависит от апвеллинга.

УЧЕНЫЕ СПОРЯТ

Ученые не сразу пришли к мысли, что холодные воды у западных берегов Африки и обеих Америк поднялись на поверхность из глубин океана. Появлению этой смелой идеи предшествовала длительная, но, что естественно для тех времен, неторопливая дискуссия. А. Гумбольдт в 1811 г. объяснил низкую температуру вод Перуанского течения их антарктическим происхождением. Через 26 лет ему возразил М. Бугенвиль: «длина» Перуанского течения превышает 3,5 тыс. км, на столь большом пути даже очень холодные воды должны прогреться. А они негреваются, и в конце пути все еще на 8°С холоднее окружающих вод.

Полярный исследователь капитан

Дж. К. Росс, плававший с 1839 по 1843 г. в прилегающих к Антарктиде морях, обнаружил теплые воды южнее Бенгельского течения. Это открытие подтвердило, что прямой связи холодных вод у юго-западного побережья Африки с антарктическими водами нет.

Объяснение Гумбольдта не выдержало проверки — нужно было придумать новое, это и сделал У. Тессан. В 1844 г. он уверенно заявил, что в создании прибрежных отрицательных аномалий температуры виноват подъем подповерхностных вод. Гипотеза Тессана оказалась очень плодотворной: многие географы-океанологи начали обсуждать возможные варианты зависимости подъема вод от вращения Земли и особенностей местного ветра. Рассуждая, опирались



на житейский «здоровый» смысл. Если, к примеру, ветер дует с берега, значит, он отгоняет воду, и эта убыль воды должна быть восполнена подтоком снизу. Но у юго-западных берегов Африки ветер дует на берег (точнее, под углом 45° к нему), такой ветер не должен вызывать подъема глубинных вод. Но подъем вод все-таки есть, причем очень сильный. Факт установлен — объяснение обязательно будет предложено. Г. Шотт в 1902 г. писал, что хотя у юго-западных берегов Африки сгона воды и нет, но из-за вращения Земли Бенгельское течение отходит от берега и здесь развивается компенсационный подъем вод. Если кому-либо из читателей это объяснение покажется убедительным, пусть он попытается ответить на два вопроса:

— Почему и где именно течение должно отходить от прямолинейного берега?

— На сколько изменится интенсивность подъема вод, если скорость Бенгельского течения возрастет вдвое?

Первый вопрос можно было бы задать и самому Шотту. А ответ на второй вопрос в 1902 г. получить было невозможно: океанография тогда еще не вышла из стадии накопления фактов, время количественных исследований не наступило.

В теории морских течений точные гидродинамические методы утвердились после выхода в свет классиче-

ских работ шведского геофизика В. Экмана, который в 1905 г. опубликовал решение задачи о ветровом течении в глубоком море. Оказалось, что из-за вращения Земли поверхностное течение отклоняется от направления ветра на угол в 45° (в северном полушарии — вправо, в южном — влево). С глубиной скорость течения быстро уменьшается, а угол отклонения непрерывно увеличивается. В результате, на некоторой глубине вода медленно течет против ветра. Общий же перенос морской воды (ученые называют его «полным потоком») происходит не в направлении ветра, а под прямым углом к нему (вправо — в северном полушарии, влево — в южном). Все эти выводы подтверждены наблюдениями в океане*.

Задача, которую решил Экман в начале нашего столетия, намного проще задачи о расчете прибрежного подъема вод. И все же теория Экмана позволила понять основные закономерности движения морской воды вблизи морского берега и помогла установить приближенную количественную зависимость скорости подъема глубинных вод от силы и

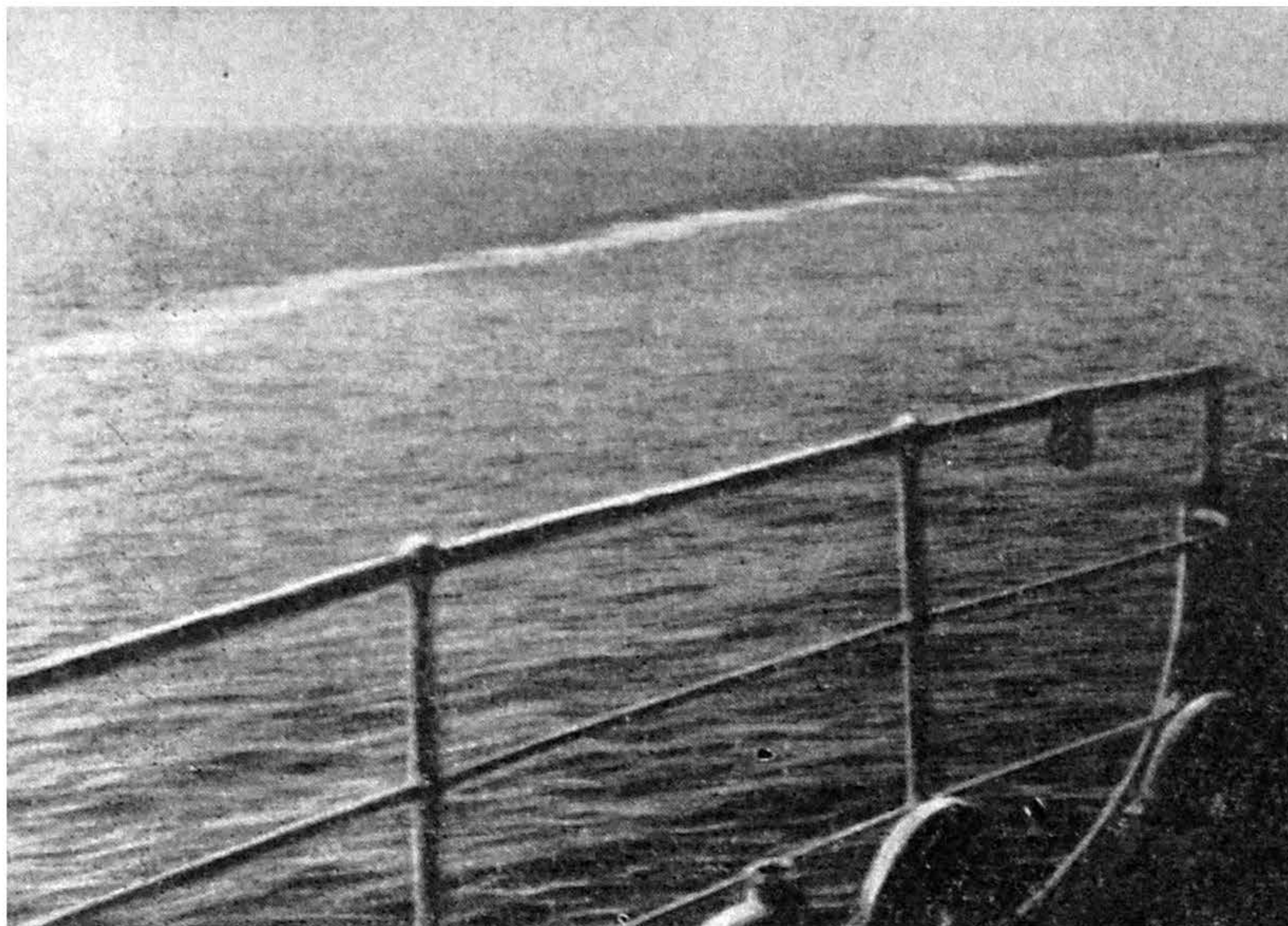
направления ветра. Прежние рассуждения о сгонах и нагонах у приглубого берега оказались неверными. Подвел житейский «здоровый» смысл: он не мог подсказать, что ветер, дующий перпендикулярно прямолинейному берегу, вовсе не вызывает сгона и нагона воды. Не вызывает потому, что полный поток направлен вдоль берега. И Шотт, естественно, не знал, что юго-западный ветер у юго-западного побережья Африки, хотя и направлен к берегу, приводит к оттоку воды, сгоняет ее.

Сейчас ученые спорят о том, как лучше продолжить начатые Экманом исследования. И здесь крупным достижением стали работы советского ученого П. С. Линейкина о влиянии неоднородности плотности вод на динамику морских течений. Работы Линейкина помогли рассчитать распределение температуры, солености и вертикальных движений вод у восточных берегов океана.

ЧТО ТАКОЕ АПВЕЛИНГ?

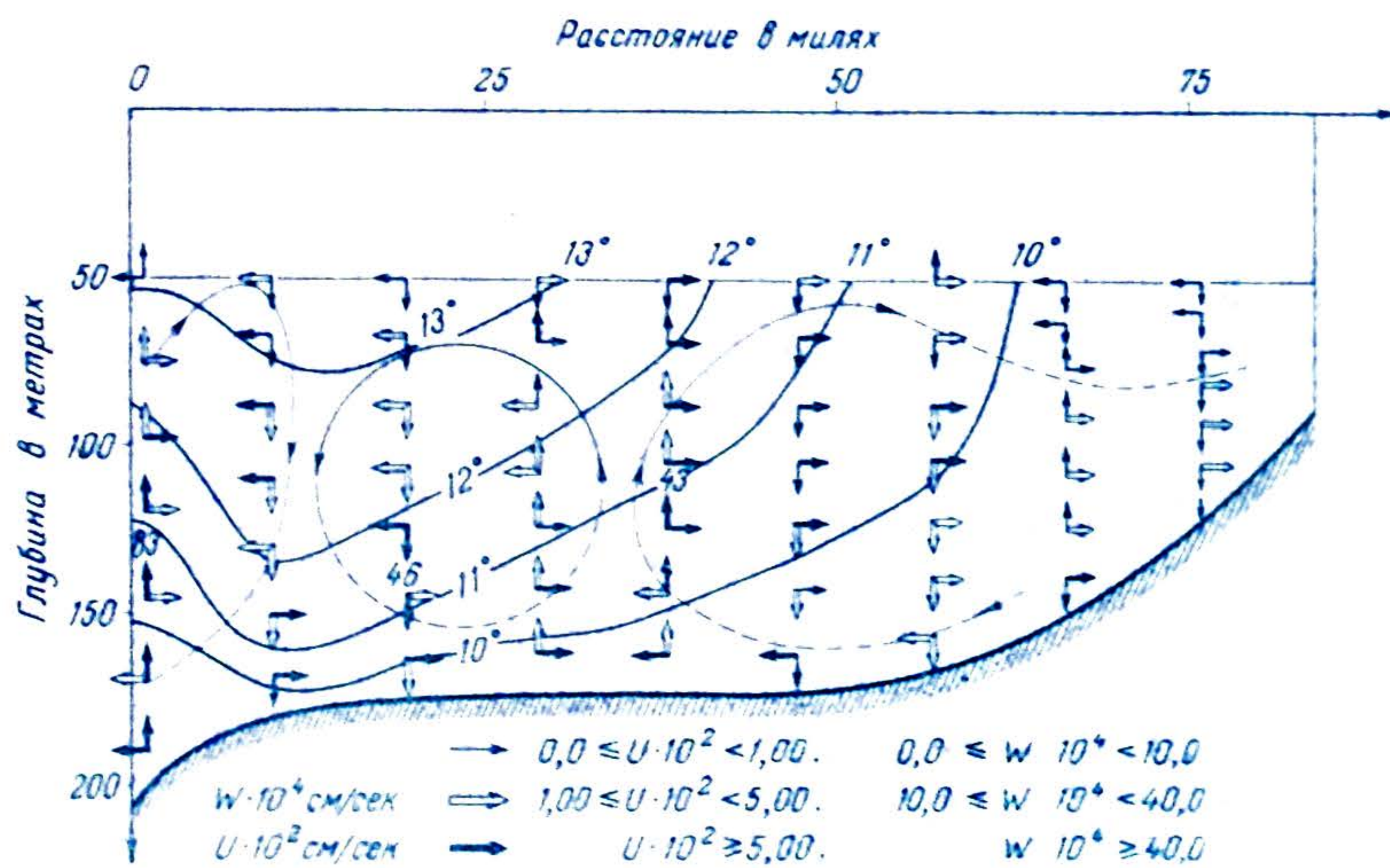
Это диковинное слово много раз звучало в стенах Московского университета на конференции по проблемам Мирового океана в 1969 г. Его произносили и гидродинамики, и биологи, и химики моря. Слушатели понимали, что речь идет о подъеме глубинных вод: термин «апвелинг»

* Д. М. Толмазин. Океан в движении. «Земля и Вселенная», № 5, 1970 г.



В районе апвелинга между водами открытого моря и холодными прибрежными водами заметна резкая граница

Фото автора



Вычисленное распределение температуры и циркуляции вод в плоскости разреза, перпендикулярного побережью Юго-Западной Африки. Поле температуры и главные черты поперечной циркуляции хорошо согласуются с наблюдениями. Белым пятном на рисунке остался верхний 50-метровый слой. Здесь температура почти не меняется по вертикали (слой хорошо перемешан ветром и волнами), а вертикальная скорость равномерно убывает к поверхности, где она практически равна нулю. Для наглядности значения скоростей увеличены: горизонтальная составляющая в 10^2 , вертикальная — в 10 раз. Градации скоростей показаны стрелками разной толщины. W — вертикальная составляющая скорости течения, U — горизонтальная

но вошел в лексику океанологов. Часто говорят «мощный апвелинг». Прилагательные «мощный» или «сильный», как и всякие прилагательные, нуждаются в уточнении сравнением. Мало сказать, например, что Гольфстрим — быстрое течение. Представим, что мы в океане на плоту без паруса и весел. Наш плот будет перемещаться довольно медленно: средняя скорость океанских течений не превышает одного километра в час. Такую примерно скорость может развить муравей-бегунок. Однако плот может состояться в скорости с автомобилем, если будет плыть в стрейне Гольфстрима, а автомобиль пробираться по Нью-Йорку в часы «пик»: в том и другом случае скорость передвижения составит около десяти километров в час.

Средняя скорость непериодических вертикальных движений в океане равна нескольким сантиметрам в сутки — очень медленное движение (улитки ползают в 1000 раз быстрее!). Но даже такой, казалось бы, слабый водообмен между слоями составляет важную часть планетарных термодинамических процессов.

В субтропиках океан весь год получает большое количество солнечной радиации. Поток тепла вниз через квадратный метр поверхности океана здесь превышает тысячу больших калорий в сутки. Если бы поверхностные воды стояли на месте и не отдавали тепла, они бы давно закипели. Но теплые верхние воды текут к полюсам, а на их место снизу поступают холодные. Только в субтропическом поясе Северной Атлантики каждую секунду из глубин поднимается несколько кубических километров воды. В результате, океан приносит от экватора к полюсам гораздо больше тепла, чем атмосфера. Природа очень удачно организовала перераспределение тепла, поступающего на поверхность Земли: переносчиком тепла служит подвижное и теплоемкое вещество — вода. Важным узлом этой тепловой машины является непрерывное поступление глубинных вод к поверхности океана в субтропиках.

Подъем глубинных вод ученые называют мощным (апвелинг!), если скорость восходящего движения достигает нескольких десятков сантиметров в сутки. Обильное поступление глубинных вод в верхний слой океана сильно меняет гидрологический режим над материковым склоном и на отмели, оказывает большое влияние на климат прибрежных территорий. Ярче всего апвелинг выражен у восточных берегов Атлантического и Тихого океанов. Апвелинг у северо-западного и юго-западного побережий Африки, у Калифорнийского побережья Северной

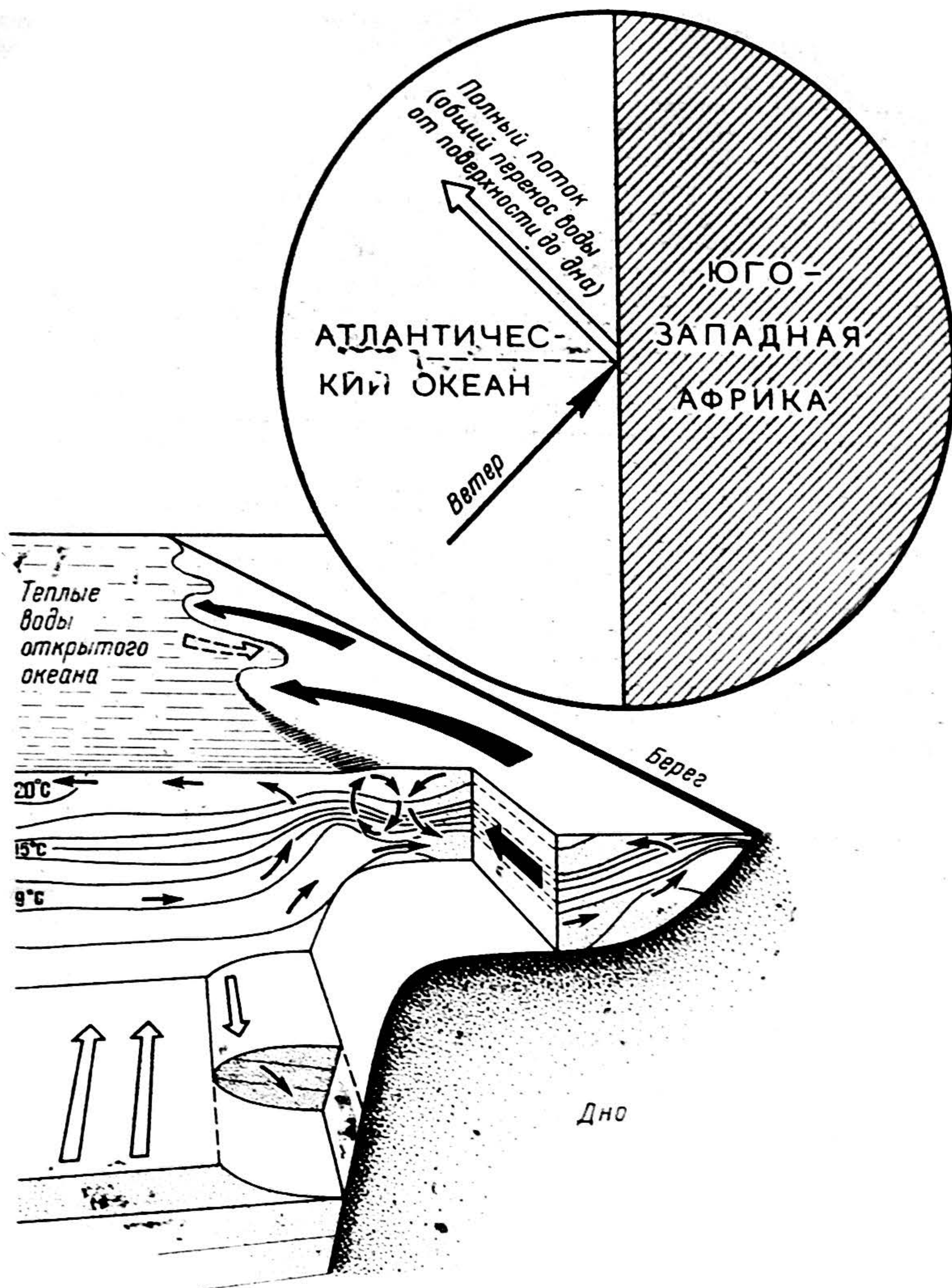


Схема прибрежного апвеллинга. Холодные воды, как правило, занимают всю материковую отмель (широкие черные стрелки на рисунке). К материковому склону прижато глубинное противотечение (участок плотной штриховки на вертикальном разрезе). Узкими стрелками показана поперечная (и горизонтальная, и вертикальная) циркуляция вод, а широкими полыми стрелками — горизонтальные глубинные потоки вдоль берега. На врезке: юго-западный ветер, направленный к берегам Африки и «обязанный» нагонять воду, в действительности — сгонный, так как полный поток уносит водные массы в открытый океан

Америки, Перуанского и Чилийского побережий Южной Америки отличается удивительной общностью основных черт. Береговая линия в этих районах протянулась в меридиональном направлении. Многоводные течения — Канарское, Бенгельское, Калифорнийское и Перуанское — проходят вблизи берега, направляясь к экватору. Прибрежные воды здесь на несколько градусов холоднее вод открытого моря.

Приближаясь к акватории прибрежного апвеллинга со стороны океана, легко обнаружить изменения физических свойств воды. Любители купания долго плескались в теплой воде на предыдущей океанологической станции*. Теперь, едва окунувшись,

* См. Д. М. Филиппов. Проблема автоматизации океанографических наблюдений. «Земля и Вселенная», № 6, 1968 г.

они посинели от холода: температура воды уже не 22, а только 15°С. А свободные от вахты участники экспедиции могут вознаградить себя удачной рыбалкой. Нужны только леска покрепче, грузик, да несколько крючков. О наживке можно не беспокоиться: рыба здесь идет на голый крючок. И ждать клева недолго: забросил снасть — вытаскивай улов, как в сказке. Только вместо доброго волшебника дарит это богатство апвеллинг.

В зоне апвеллинга к поверхности моря с глубины 150—350 м поступают воды, богатые соединениями азота и фосфора, без которых не могут расти мельчайшие водоросли — фитопланктон. Фитопланктон живет у поверхности: ему нужен яркий свет. А нитратов и фосфатов в верхних слоях океана обычно содержится немного. Бурное развитие фитопланктона, как правило, не может продолжаться долго: запасы питательных солей быстро иссякают. Исключение составляют районы апвеллинга, где фитопланктону непрерывно подаются необходимые для жизни соли. Урожай фитопланктона в удобренных водах в тысячи и десятки тысяч раз больше средних. Водорослями питаются мелкие рачки. Много вкусной живности, хватает и желающих ее проглотить. Малая рыбешка кормится рачками, большая охотится за мелкой рыбешкой — жизнь кипит: настоящие оазисы в голубой пустыне. И человек, разумеется, уже хозяйничает в этих оазисах, которые прозаически названы рыбопромысловыми районами.

АПВЕЛИНГ ДЕЛАЕТ ПОГОДУ

В море апвеллинг вызывает всплеск жизни, а на прибрежных территориях порождает пустыни...

Если близ берега апвеллинг, дождя на берегу наверняка не будет. Ни завтра, ни послезавтра. Ждать дождя можно месяцами. Великая сушь? — Не совсем: воздух влажный, часты туманы. Скучная растительность улавливает влагу прямо из воздуха. Унылые места! Почему здесь не гремят грозы, не шумят тропические ливни? Почему не толпятся в небе облака?

Появление облака — результат сложных событий в атмосфере. Растут облака, — значит, в поднебесье из насыщенного водяным паром воздуха выделяются капельки воды или кристаллики льда. Водяной пар поступает в воздух с поверхности Земли. Если его конденсация произойдет внизу, образуется туман. В тумане мы блуждаем не так уж часто, потому что водяной пар конденсируется на высотах. Как он туда попадает? —

Поднимается вместе с воздухом. Поднимается, когда теплый воздух натекает на клин холодного воздуха (теплый атмосферный фронт). Поднимается, когда клин холодного воздуха энергично выталкивает наверх теплый воздух (холодный фронт). Поднимается, когда над сильнее нагретым участком Земли возникают восходящие потоки воздуха (конвекция). Поднимаясь, воздух охлаждается, как охлаждается всякий газ при адиабатическом (без теплообмена с окружающей средой) расширении. Поднявшись на 100 м, сухой воздух станет холоднее на градус, а температура влажного воздуха понизится на шесть десятых градуса.

Теперь представим, что небольшая масса воздуха так или иначе поднята на некоторую высоту. Объем слегка увеличился, температура уменьшилась. Если окружающий воздух холоднее этой массы, она, по закону Архимеда, будет стремиться ввысь. Атмосфера находится в неустойчивом состоянии: достаточно слабого начального возмущения, чтобы массы воздуха стали подниматься. Температура этого воздуха падает. Молекулы воды собираются вокруг ядер конденсации в мельчайшие капельки. Образуется облако.

Но поднявшаяся масса воздуха может оказаться и холоднее соседних слоев. Тогда архимедовы силы постараются вернуть ее на прежнее место. Если в атмосфере падение температуры меньше шести десятых градуса на 100 м высоты, то для подъема как сухого, так и влажного воздуха потребуются большое количество механической энергии.

Атмосфера в этом случае находится в устойчивом состоянии. Тут уж для образования облака недостаточно слегка нагреть склон холма, нужны мощные фронтальные процессы или обдувание гор сильным ветром.

Апвелинг часто соседствует с горами. Например в Чили,— холодное Перуанское течение и пустынная Береговая Кордильера. Впрочем, у самой воды берег оживлен: несметные множества морской птицы усердно перерабатывают дары моря на селитру. Миллионы тонн селитры в год производят трудолюбивые птицы! Не будем им мешать, поднимаемся в горы. Чем выше — тем прохладнее, не так ли? Так, вверху всегда прохладнее, если... если поблизости нет апвелинга. Апвелинг все ставит с ног на голову. «Инверсия», — глубокомысленно говорят метеорологи. В районе апвелинга температура воздуха быстро возрастает с высотой и только через несколько сот метров начинается ее нормальное падение. Сильная инверсия — большая устойчивость. Влажный морской воздух надежно заперт в нижнем слое атмо-

сферы. Вот почему здесь часты туманы. Вот почему здесь нет ни дождей, ни облаков. Разве что зимой случайно забредет с юга циклон...

Апвелинг породил пустыню Атакама, где за «дождливый» год земля едва ли получает сантиметровой слой воды. В «засушливый» год не выпадает ни капли влаги. А что произойдет, если прекратится апвелинг? — Не будут подниматься холодные глубинные воды. Поверхность океана станет теплее. Прогреется приводный слой атмосферы. Пропадет инверсия. Уменьшится устойчивость. Влажный воздух начнет подниматься. Небо покроется облаками, и облака прольются дождем. Пустыня станет зарастать влажным тропическим лесом. В океане исчезнет планктон. Спасаясь от голодной смерти, уйдет рыба. Опустеют и птичьи базары. Именно так было в январе 1925 г., когда апвелинг у побережья Чили и Перу ослаб и температура поверхностных вод повысилась на 7° С. Только тропический лес вырасти не успел: через три месяца бедствие прекратилось.

ИЗУЧИТЬ — ЗНАЧИТ УМЕТЬ РАССЧИТАТЬ

Теория морских течений — наука точная. Для каждой силы, действующей на частичку воды, ученые подбирают математическое выражение. Затем составляют баланс этих сил. Получается дифференциальное уравнение движения. Изменения температуры и солености тоже можно описать дифференциальными уравнениями. Чтобы знать, куда и с какой скоростью течет вода, нужно решить эту систему уравнений. Решить с учетом влекущего действия ветра, поступления солнечной энергии, тепло- и влагообмена между атмосферой и океаном — решить для вращающегося на сфере бассейна весьма неправильной формы.

Задача расчета морских течений чрезвычайно сложна. Самые искусные математики с помощью самых умных машин не могут решить ее в полном виде. Приходится упрощать: сознательно не учитывать некоторые особенности движения воды, искать приближенные решения дифференциальных уравнений. И если приближенное решение упрощенной задачи согласуется с наблюдениями в океане, то удивляться этому не следует. Ведь искусство исследователя состоит, прежде всего, в умении выделить главное в изучаемом явлении и отчетливо видеть границы, за которыми найденные соотношения применять уже нельзя.

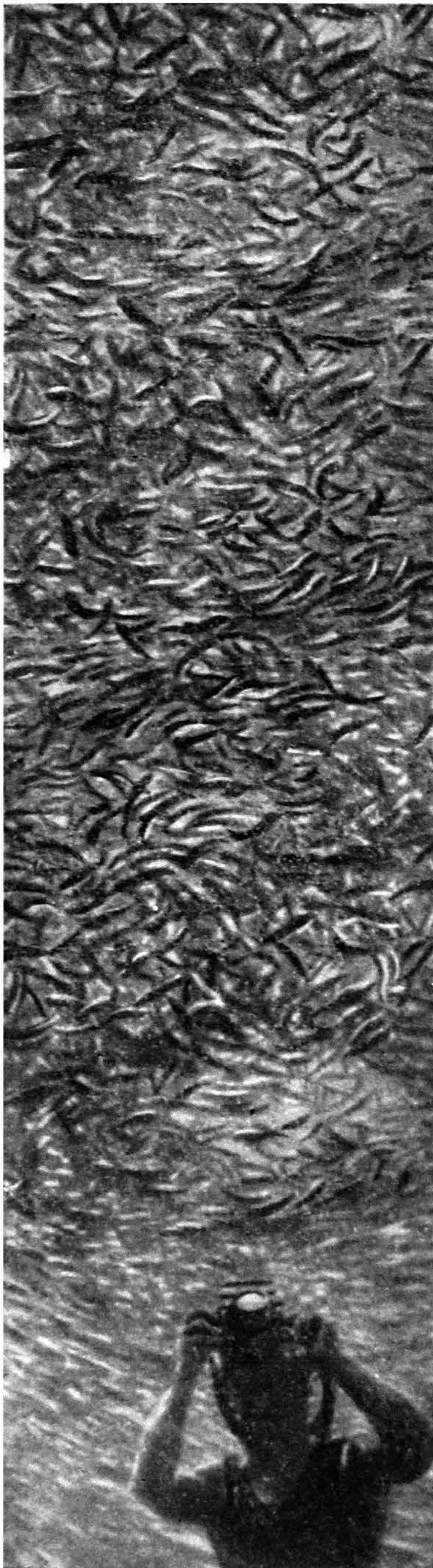
Многие из упрощений, допустимых в задаче о морских течениях вдали от берегов, не могут быть

оправданы в задаче о прибрежном подъеме глубинных вод. Для апвелинга необходимо разрабатывать специальные теоретические модели. Первые успехи в расчете апвелинга на материковой отмели стали возможны благодаря использованию современной вычислительной техники. С помощью электронной вычислительной машины БЭСМ-4 ученым Морского гидрофизического института АН УССР удалось решить дифференциальные уравнения. По известным величинам ветра и температуры воды на поверхности можно вычислить движение и температуру всей толщи вод.

Первые расчеты не случайно сделаны для района материковой отмели у юго-западного побережья Африки. Рыбаки не только ловят здесь рыбу, но и следят за температурой и другими свойствами морской воды: от знания гидрологической обстановки зависит успех лова. Научно-промысловые суда тратят много времени на изучение гидрологического режима района промысла. Приходится выполнять сотни океанографических станций, т. е. выходить в заранее намеченные пункты и на многих горизонтах измерять течения, температуру и соленость, определять количество растворенного в воде кислорода и содержание питательных солей. Когда эта трудоемкая работа закончена и построены графики распределения измеренных величин, — только тогда можно оценить характер вертикальных движений воды. Зная вертикальные движения, океанолог указывает места вероятного скопления рыбы.

Для нужд рыбного промысла было бы удобнее сразу измерять скорость вертикальных потоков. Увы, измерять такие медленные движения в морских условиях мы еще не научились. Зато научились измерять скорость и направление ветра, а также температуру воды даже на ходу судна. Больше того, температуру поверхности моря определяют по инфракрасному излучению с самолетов и спутников. Получив исходные данные, можно рассчитывать апвелинг либо на берегу, за тысячи километров от места промысла, либо непосредственно в океане (на борту многих экспедиционных судов установлены электронно-вычислительные машины). Но прежде чем рекомендовать какой-либо метод расчета для практического использования, его нужно тщательно проверить. Проверка заключается в многократном расчете апвелинга для тех случаев, когда распределение основных характеристик процесса известно из наблюдений.

Однако мы еще не можем охватить расчетом широкую прибрежную полосу от пляжа до больших глубин.



В море апвелинг вызывает всплеск жизни. Это настоящие оазисы в голубой пустыне

Сегодня еще нет универсального метода расчета апвелинга. Чтобы он появился завтра, нужно настойчиво изучать динамику прибрежных течений.

ЗАГЛЯНЕМ В БУДУЩЕЕ

Первобытные человеческие стада занимались простым сбором пищи: искали съедобные растения, охотились на животных. В наши дни дикорастущих и дикоживущих съедобных обитателей на суше не хватит человечеству и на одну трапезу. На суше люди давно научились выращивать нужные растения и разводить нужных животных. В океане человек все еще занимается охотой и собирательством. Вылов рыбы из океана за последние 15 лет удвоился и сейчас составляет около 60 млн. т в год. За год из океана изымается не менее четвертой части биомассы всех обитающих в нем рыб, причем эксплуатируются очень немногие виды рыбы и самые урожайные акватории. Следующего увеличения уловов вдвое может не наступить: естественный процесс восстановления численности промысловых рыб бессилён противостоять первобытным повадкам технически оснащенного человечества. Чтобы поддержать уловы на современном уровне, требуется все больше труда: в основных промысловых районах океана быстро уменьшается биомасса рыбы. Положение тревожное. Новые промысловые районы и лов новых видов рыб не могут длительное время удовлетворять растущие аппетиты человечества. Уже сейчас приходится думать о том, каким образом внести нужные изменения в жизнь океана, как поднять морскую целину. Сушу человек осваивал в течение сотен тысяч лет. Океан предстоит освоить в ближайшие десятилетия. В такие сроки задача не может быть решена методом проб и ошибок, необходимы планомерные усилия ученых всего мира.

С конца прошлого века делаются попытки упорядочить морское собирательство путем достижения международной договоренности о местах, сроках и объемах лова. Эта мера, в лучшем случае, может обеспечить получение из океана гарантированного количества продуктов питания. Разведение рыб представляется принципиальной возможностью увеличить это количество. В специальных береговых установках выращиваются мальки промысловых рыб. Рыбья молодь выпускается в море, где она уже сама должна найти подходящие условия для дальнейшего роста и «умудриться» не попасть в рыбацкие сети до совершеннолетия. Такое рыбководство приносит известное моральное удовлетворение, но заметных хозяйственных результатов, разуме-

ется, не дает. И без помощи человека на свет появляются несметные множества мальков. Обеспечить их пищей на все время роста, не ловить раньше времени — и рыбы в океане станут больше. Нет нужды подкармливать рыбу дождевыми червями. Достаточно добавить в морскую воду питательных солей. Начнется бурное развитие фитопланктона, размножатся рачки, появятся плотные косяки упитанной рыбы.

Крупнейшие авторитеты в области морской биологии говорят сегодня о необходимости удобрять морские водоемы. Не ясна только технология этого дела. Все-таки океан — не пруд: сколько удобрений надо заготовить для океана? Можно удобрять совсем небольшую акваторию, но вдруг наши удобрения просто утонут, погрузятся на такие глубины, где фитопланктон не растет? А на глубине 200—300 м этих удобрений и так предостаточно. Многие районы океана потому и являются промысловыми, что апвелинг... Стоп — апвелинг! Не стоит возить в океан удобрения. Они будут поступать из глубин, если создать апвелинг.

Заглядывая в будущее, можно увидеть такое рыбное хозяйство: на глубине 200—400 м мощные атомные котлы подогревают воду на несколько градусов. Конвективные токи выносят к поверхности богатые питательными солями воды. Планктон даст невиданные урожаи. Рыбоводы постоянно отлавливают большую часть взрослых рыб, и тогда все обилие пищи достается молодым рыбам, идет на увеличение их веса. Энтузиаст технической цивилизации дополнит картину фигурой подводного робота, погоняющего ультразвуковым бичом стаи домашних рыб. Идущий впереди века романтик предложит заменить механического урода дюжиной дружелюбных дельфинов.

При конвективном апвелинге нечего опасаться появления новых пустынь: поверхность моря не станет холоднее. Оптимальную интенсивность подъема глубинных вод можно рассчитать заранее. Но накопленных знаний еще явно недостаточно для предвидения всех последствий вмешательства человека в жизнь океана. Природа — организм хрупкий, но она способна жестоко мстить человеку за грубое нарушение миллионами лет отшлифованного равновесия.

Освоение океана — грандиозная и неизбежная задача. Для ее решения нужны смелые идеи и осторожность в их осуществлении.

В. С. ЛАТУН
кандидат
физико-математических
наук

Н. С. КАРДАШЕВ
доктор
физико-математических
наук
Л. И. МАТВЕЕНКО
кандидат
физико-математических
наук

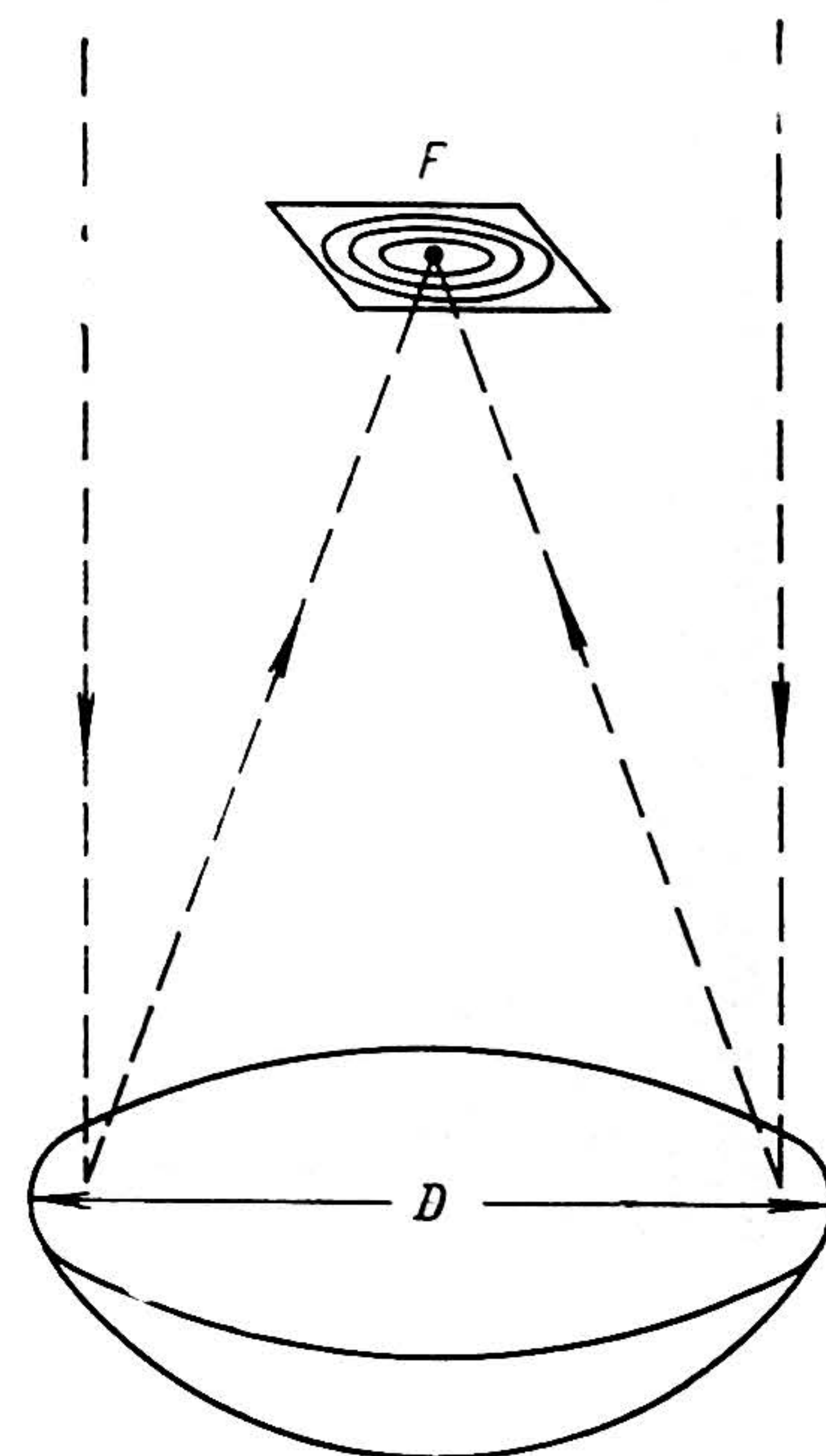
Исследования структуры радиоисточников

Детальное изучение структуры многих необычных образований в космосе (пульсаров, квазаров, радиогалактик и других) поможет понять, какие физические процессы определяют гигантское выделение энергии в виде радиоволн.

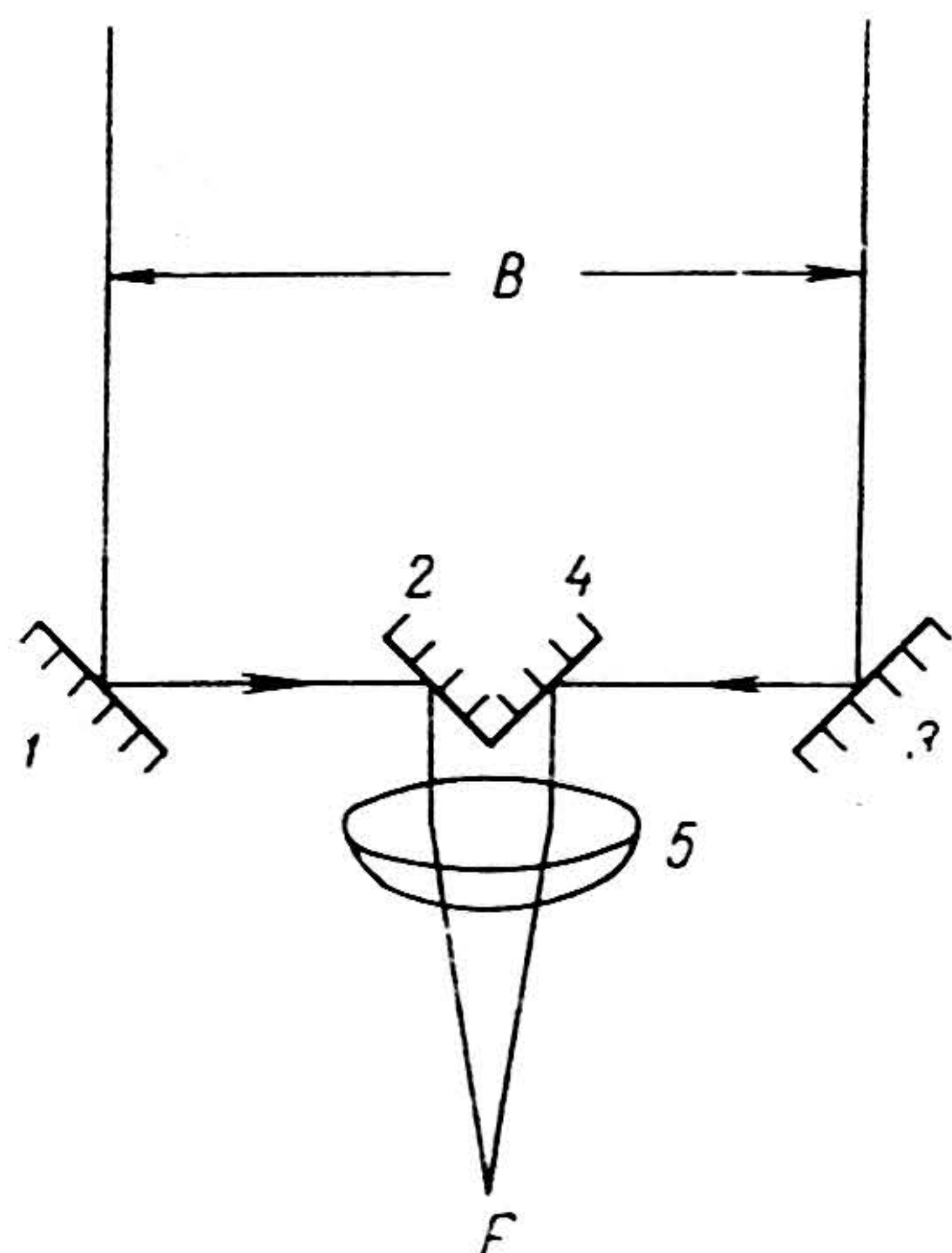
ТЕЛЕСКОПЫ И ИНТЕРФЕРОМЕТРЫ

В радиоастрономии, так же как и в оптике, чаще всего используются большие параболические зеркала. Лучи, приходящие от далекого источника, собираются вблизи фокуса зеркала. Если источник имеет очень малые размеры и ось зеркала направлена точно на него, то изображение источника должно оказаться строго в фокальной точке. Однако вследствие дифракции вся энергия, отраженная зеркалом, распределится в центральном пятне, образуя характерную систему колец.

Если два источника на небе располагаются слишком близко по сравнению с размерами пятна, то их дифракционные изображения накладываются друг на друга так, что различить их невозможно. Отношение длины волны, на которой производятся наблюдения, к диаметру зеркала определяет минимальное угловое расстояние на небе, характеризующее разрешающую способность телескопа. Для оптического телескопа диаметром 1 м и длиной волны 5000 Å ($5 \cdot 10^{-5}$ см) этот показатель равен $5 \cdot 10^{-7}$ радиан ($0'',1$). Для радиотелескопа даже с огромными размерами зеркала —



Образование изображения далекого источника в фокусе обычного телескопа. Если F — фокусное расстояние параболического зеркала, D — его диаметр и λ — длина волны, на которой проводятся наблюдения, то диаметр дифракционного пятна в фокусе будет $\lambda F / D$



Ход лучей в оптическом интерферометре. Свет от далекой звезды может попасть в телескоп (5), отражаясь либо от одной пары плоских зеркал (1 и 2), либо от другой (3 и 4). Кроме обычного для телескопа дифракционного пятна, в пределах последнего возникает система ярких и темных полос, удаленных друг от друга на расстояние $\lambda F / B$, где B — база интерферометра. Эта система полос объясняется дифракцией света, но зависит не от размеров зеркал, а от расстояния между ними. Угловое разрешение оптических телескопов может быть существенно улучшено, так как B много больше D . В последние годы удалось достигнуть углового разрешения в несколько десятитысячных долей секунды

порядка 100 м и длиной волны 10 см разрешение составляет 10^{-3} радиан (3',3). Получить на нем изображение при угловых размерах меньше этой величины невозможно. Указанное разрешение оптического телескопа много выше, чем радиотелескопа, поскольку длина радиоволн в сотни тысяч раз больше, чем длина оптической волны. Для получения столь же детального изображения, как в оптическом диапазоне, надо иметь радиотелескоп в сотни тысяч раз большего размера, чем оптический. Практически это невыполнимо, так как радиотелескоп начнет разрушаться под действием собственного веса. Однако для по-

лучения высококачественного изображения не обязательно иметь очень большие размеры зеркал. Достаточно два обычных радиотелескопа, оснащенных специальной приемной аппаратурой, установить на большом расстоянии друг от друга и соединить кабелем. Такая система радиотелескопов называется радиоинтерферометром. Принцип работы радиоинтерферометра тот же, что и оптического.

В последнее время удалось достигнуть углового разрешения оптического, так называемого интерферометра интенсивности, в несколько десятитысячных долей секунды. Но земная атмосфера создает существенные помехи в работе оптических интерферометров. Постоянные колебания плотности атмосферы приводят к тому, что изображения в оптических телескопах оказываются размытыми. В большинстве случаев не удастся получить фотографии небесных объектов с разрешением лучше, чем несколько десятых секунды дуги. Эти колебания атмосферы, а также ряд других причин обуславливают применение оптических интерферометров только для изучения ярчайших звезд. В радиодиапазоне флуктуации атмосферы существенно не влияют на распространение излучения.

Очевидно, что два радиотелескопа должны быть соединены кабелем, который обеспечит передачу сигналов на достаточно большие расстояния. Современные интерферометры такого типа имеют базы до 10 км. Однако интерференционные наблюдения связаны с преодолением ряда трудностей. Чтобы получить с помощью интерферометра радиоизображение источника, нужно провести измерения при всех значениях расстояний между антеннами — от самого малого и до предельно большого. Кроме того, при наблюдениях для каждого расстояния необходимо изменять положение базы по отношению к странам света. Все это требует создания системы из двух радиотелескопов, один из которых должен передвигаться.

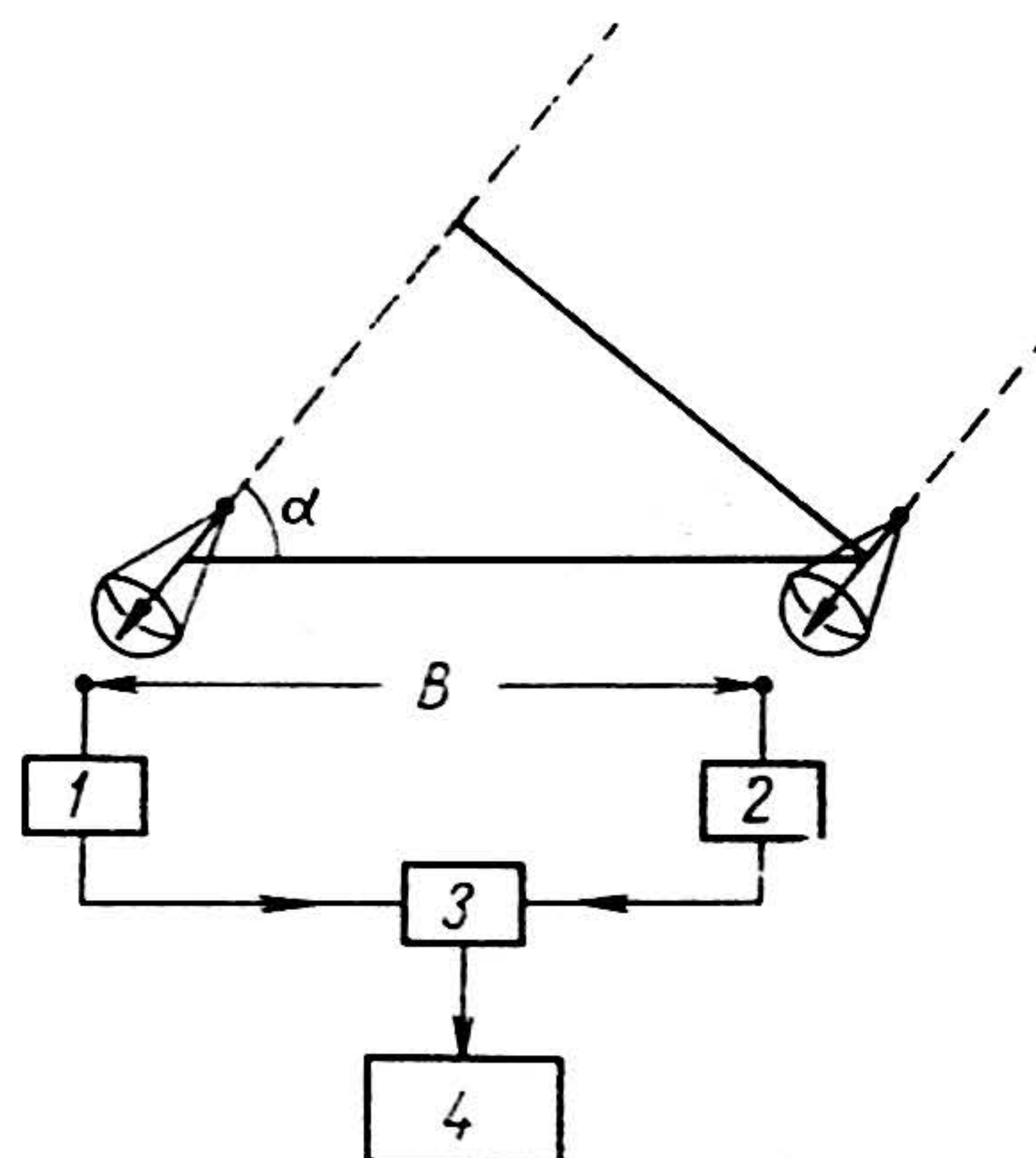
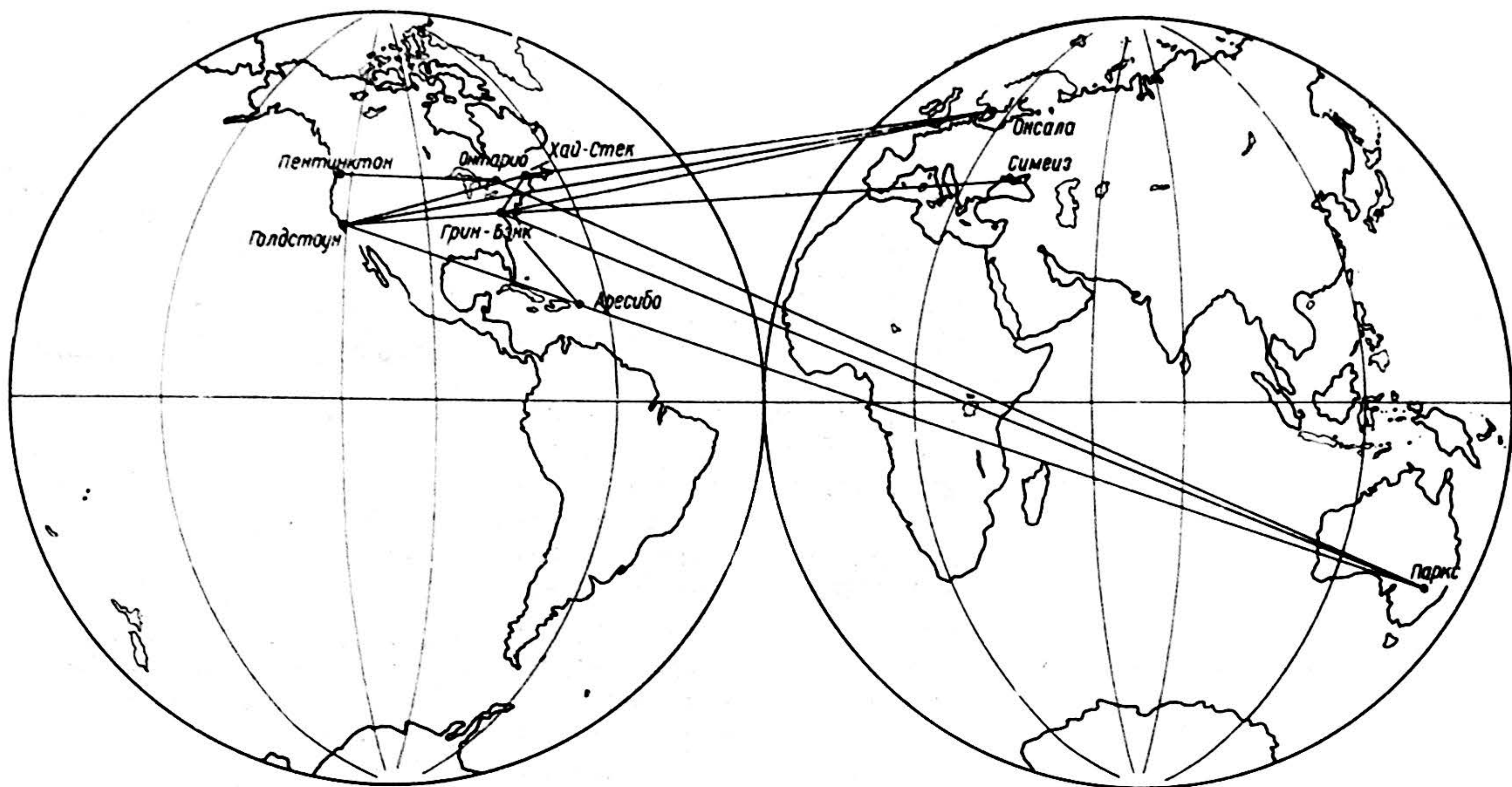


Схема работы радиоинтерферометра. Два радиотелескопа, отстоящие друг от друга на расстояние B , наведены на один и тот же исследуемый объект. Радиосигналы от далекого источника усиливаются специальным устройством (1 и 2), затем подводятся к аппаратуре (3), где происходит умножение пришедших сигналов. Регистрирующее устройство (4) записывает результат. Запись произведения сигналов при различных положениях источника по отношению к базе интерферометра обнаруживает такую же периодичность в чередовании максимумов и минимумов, как и при наблюдениях оптическим интерферометром. Два соседних максимума возникают, если угол α изменится на $\Delta\alpha = \lambda / B \sin \alpha$. Эта величина и будет пределом для получения углового разрешения

Для расстояний больше 10 км кабельное соединение радиотелескопов невозможно, так как передаваемые сигналы значительно ослабляются и приходят сильно искаженными.

Советские ученые предложили новый метод интерферометрии, по которому каждый радиотелескоп работает независимо от другого. Принимаемый сигнал усиливается и записывается высококачественным магнитофоном. Одновременно на той же ленте фиксируются сигналы атомных часов, которые также контролируют работу приемника. Таким образом сохраняются все характеристики зарегистрированного сигнала. Точно та-



Сеть работающих межконтинентальных радиоинтерферометров

кая же запись ведется на другом радиотелескопе, удаленном от первого практически на любое расстояние. После сеанса наблюдений магнитные ленты пересылаются в вычислительный центр. Сигналы пере-

множают и выделяют интерференционный сигнал. Это позволяет строить радиоизображение источника со сверхвысоким разрешением. По новому методу максимальное разрешение тоже определяется ве-

личной отношения λ/B . Сейчас работают интерферометры, базы которых по своим размерам приближаются к диаметру Земли.

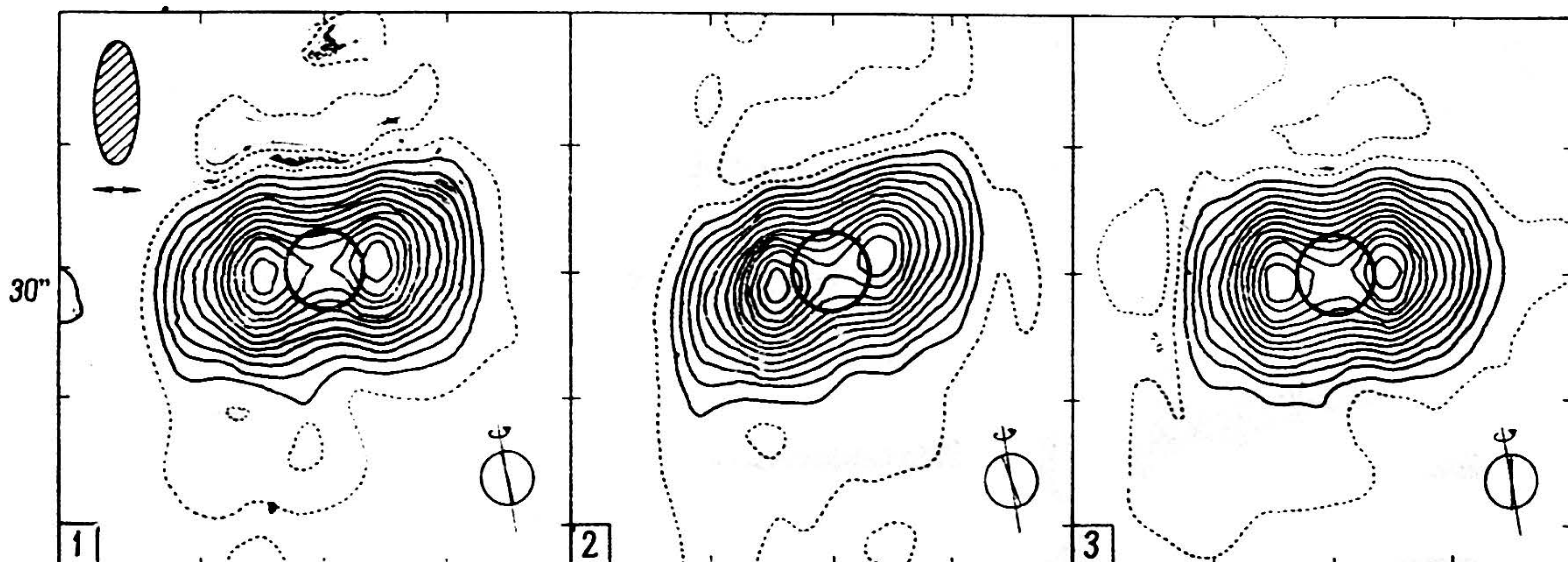
Радиоинтерференционный метод позволил исследовать многие объекты и определить механизмы их излучения.

Рассмотрим некоторые результаты исследований, проведенных в последние годы.

Радиоизображение планеты Юпитер для трех различных его ориентаций по отношению к наблюдателю (долгота центрального меридиана $13,135$ и 225°). Каждое деление на осях соответствует $30''$ дуги. Наблюдения проводились на радиоинтерферометре в Кембридже (Великобритания). Длина волны 21 см. Планета в момент наблюдений находилась на расстоянии $4,8$ а.е. Кружок указывает оптический диск

ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЦА И ЮПИТЕРА

При изучении структуры радиоизлучающих областей во время двух солнечных вспышек было замечено,

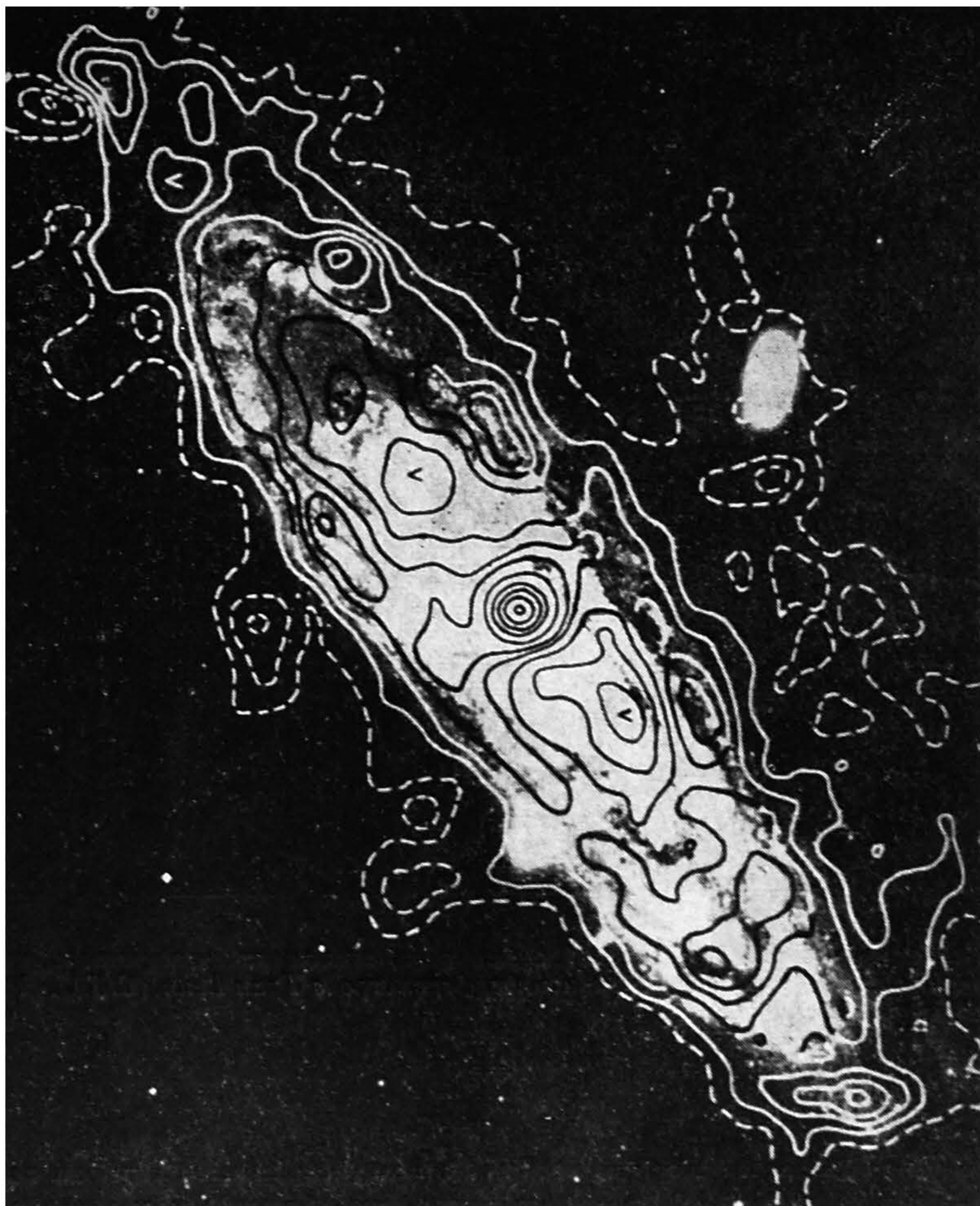


что первоначально излучение распределялось по быстрорасширяющейся арке за пределами видимого диска Солнца. На арке можно выделить три области излучения. В ее вершине излучение не поляризовано и вызывается электронами, движущимися в магнитном поле со скоростями, близкими к скорости света (синхротронное излучение). У оснований арки излучение имеет круговую поляризацию противоположного знака; оно вызвано излучением плазменных колебаний. В конечной стадии на диске Солнца над местом вспышки остается повышенное поляризованное радиоизлучение горячей плазмы.

Радиоизлучение Юпитера — вне пределов видимого диска планеты. Последние радиоинтерферометрические наблюдения выявили у этой планеты два пояса радиации. Радиоизлучение в дециметровом диапазоне, в основном, обусловлено излучением частиц высокой энергии, движущихся в сильном магнитном поле планеты. В декаметровом диапазоне радиоизлучение Юпитера представляет собой некоторую последовательность мощных всплесков, длительностью не более тысячной доли секунды. При определенных положениях на орбите его ближайшего спутника Ио эти всплески становятся частыми. Недавно американские ученые, используя интерферометр с базой 880 км, измерили угловой диаметр этого необычного источника. Наблюдения проводились на волне 16 м, где импульсное излучение Юпитера самое сильное. Они установили, что диаметр источника ≤ 430 км (меньше, чем диаметр Ио — 1600 км). Возможно, истинные размеры источника еще меньше, поскольку радиоволны в этом диапазоне сильно рассеиваются межпланетной средой и наблюдаемые угловые размеры могут во много раз превышать реальную величину.

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ТУМАННОСТЕЙ

На радиоизображении Крабовидной туманности, совмещенной с ее



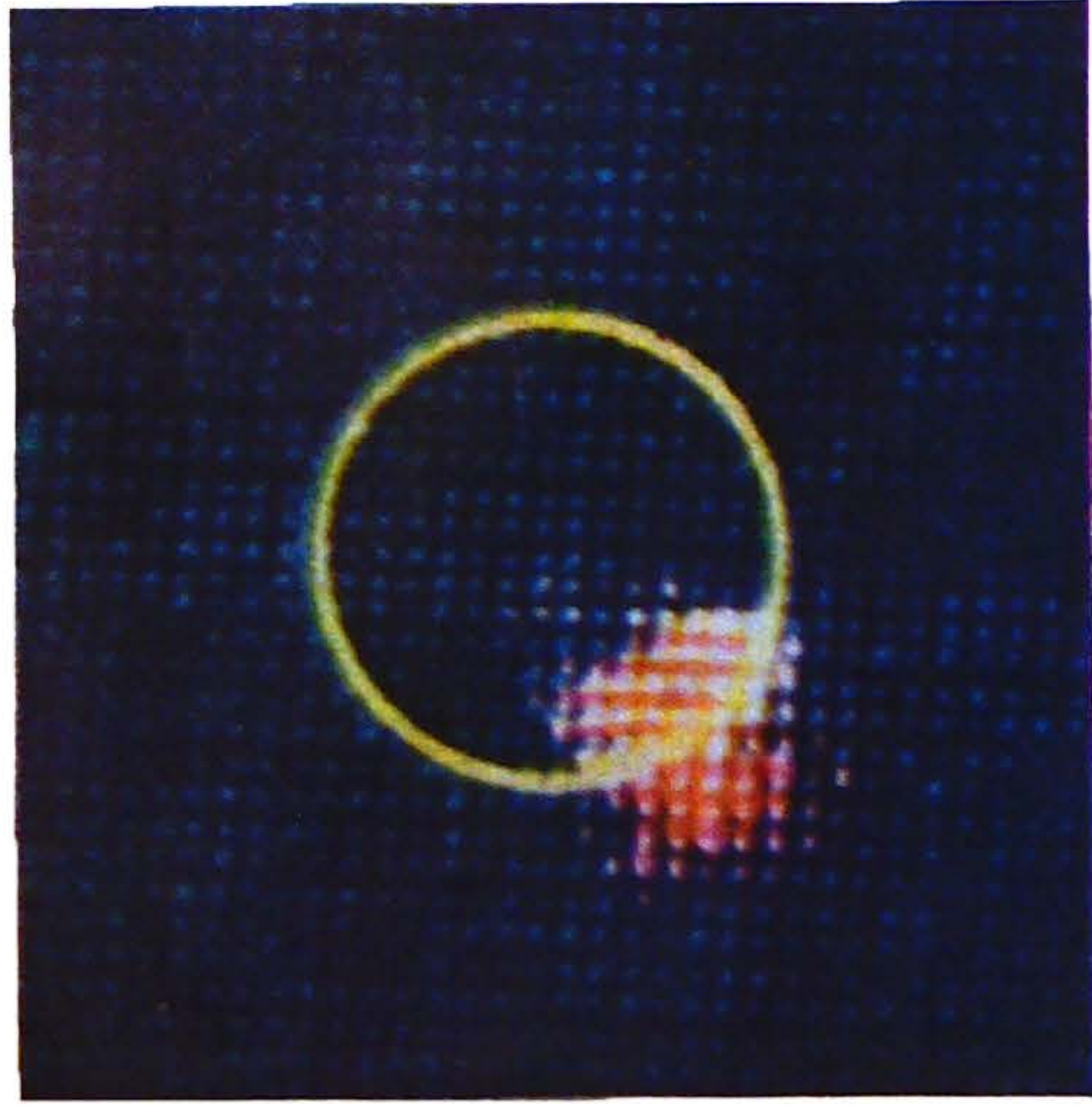
Совмещенные фотография и радиоизображение ближайшей галактики — туманности Андромеды. Измерения проводились на интерферометре в Кембридже. Длина волны 73,5 см

фотографией (см. рис. на стр. 40), заметно, что распределение радиояркости хорошо согласуется с распределением оптического излучения. И это неудивительно, потому что все диапазоны электромагнитного излучения (от жестких рентгеновских лучей до метровых радиоволн) обусловлены излучением релятивистских электронов, движущихся в магнитных полях туманности. После взрыва Сверхновой 1054 года сжавшееся ядро образовало нейтронную звезду (пуль-

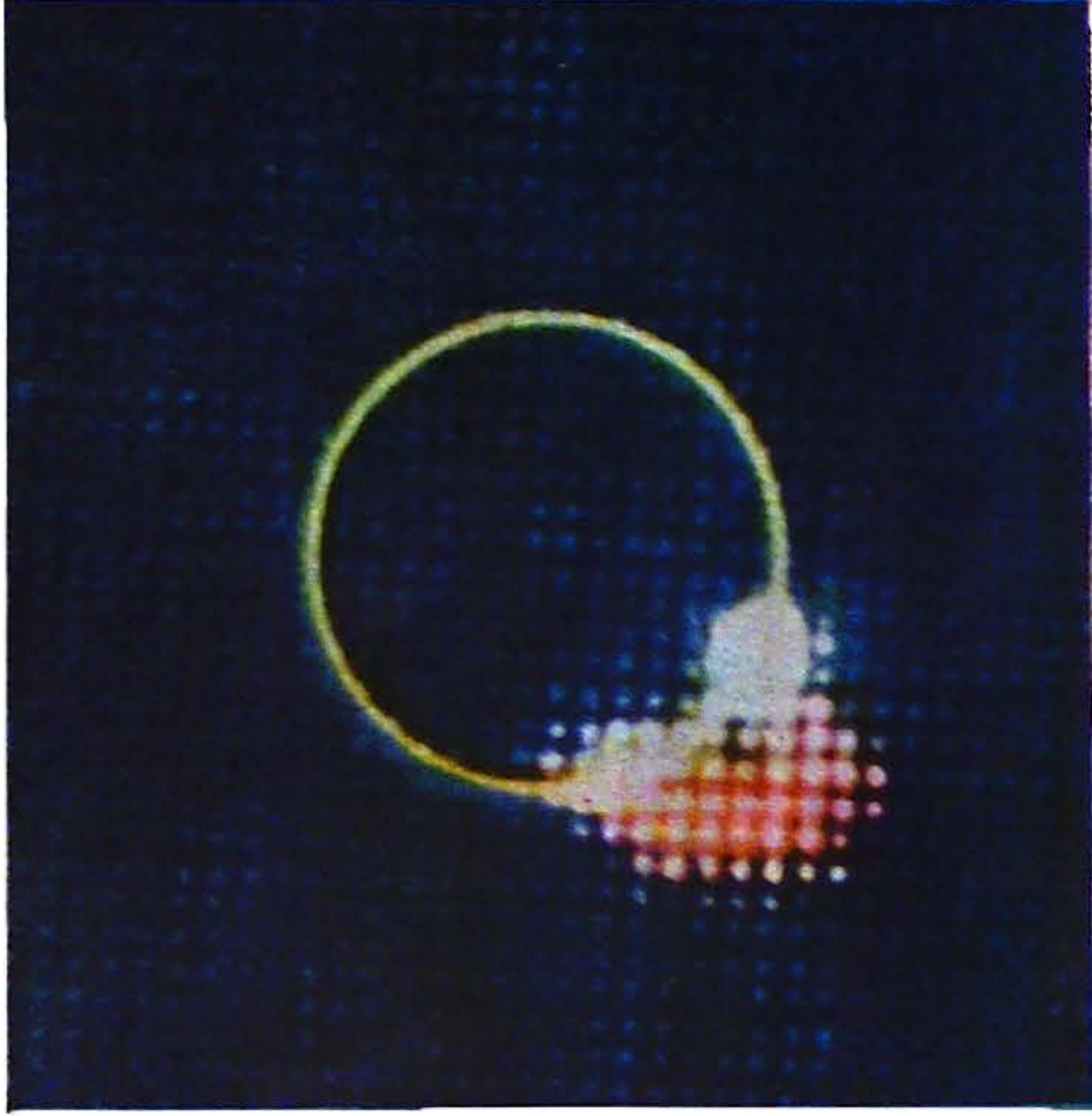
сар), которую недавно открыли в центре Крабовидной туманности*.

Пульсар в Крабовидной туманности отличается своей активностью в рентгеновском, оптическом и радиодиапазонах, что обеспечивает рост

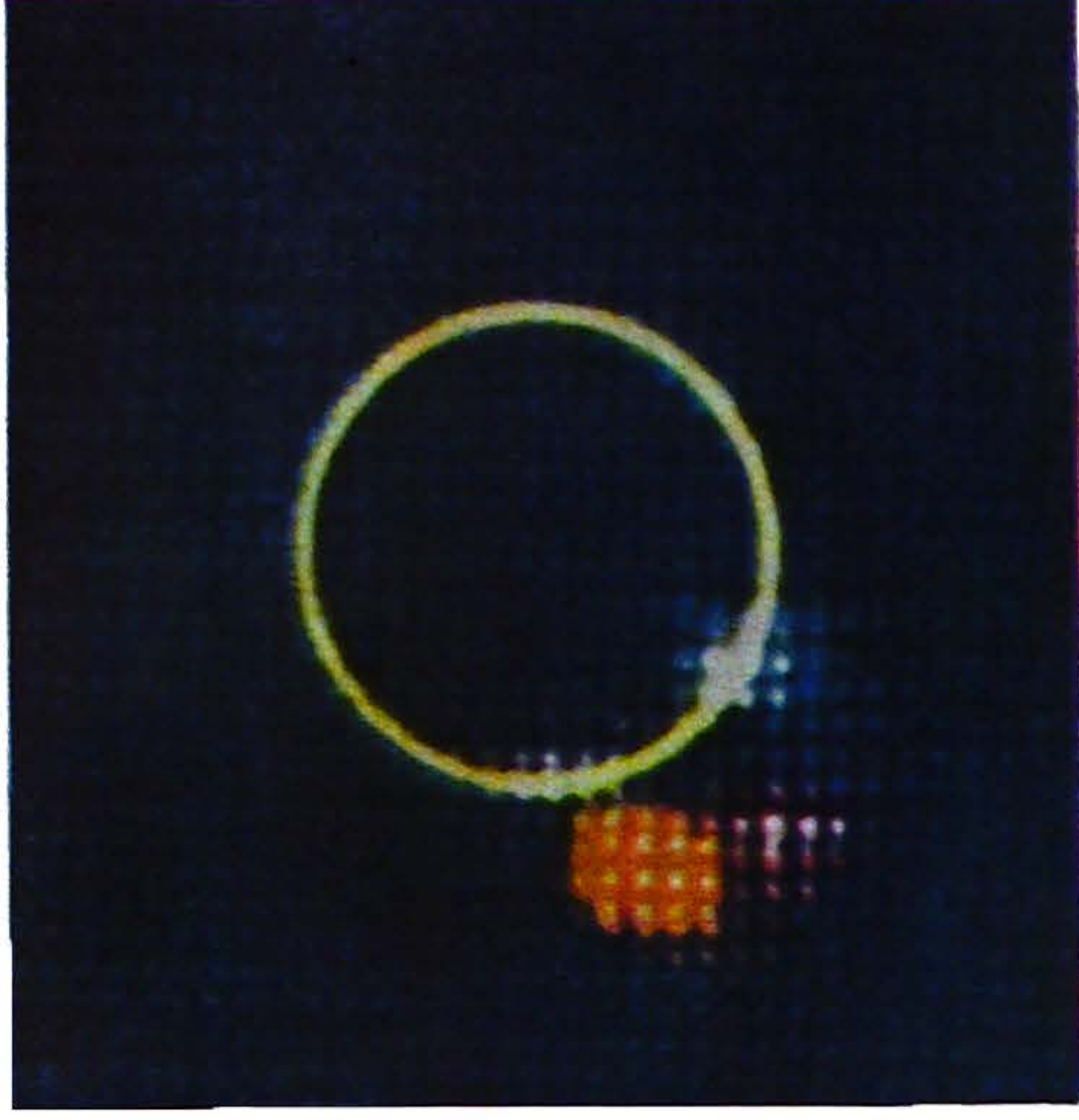
* А. В. Засов. Радиоизлучение из межзвездного пространства. «Земля и Вселенная», № 4, 1966 г.; И. С. Шкловский. Пульсары как астрономические объекты. «Земля и Вселенная», № 4, 1970 г. (Прим. ред.).



14 01 M



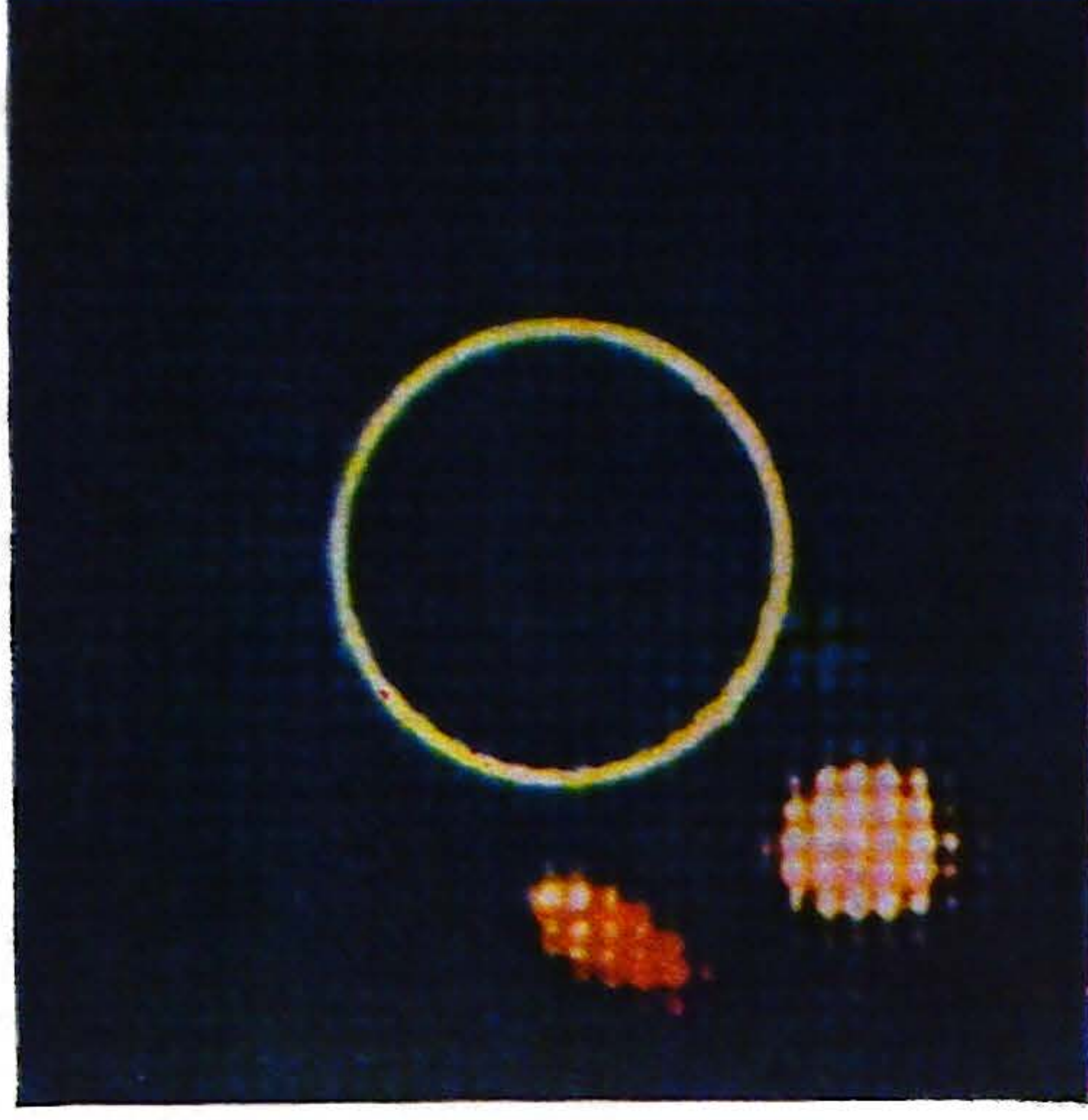
14 13 M



14 19 M

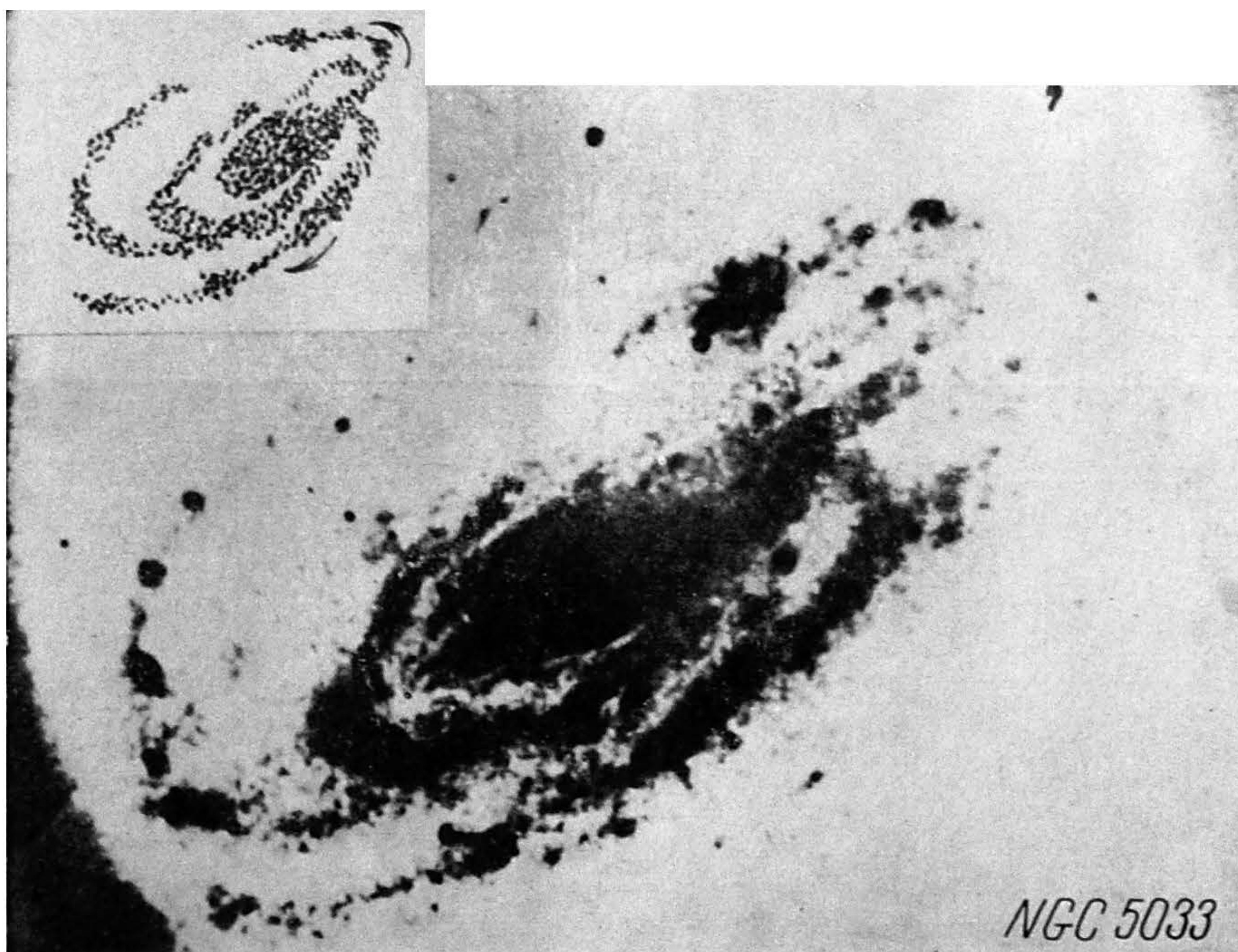
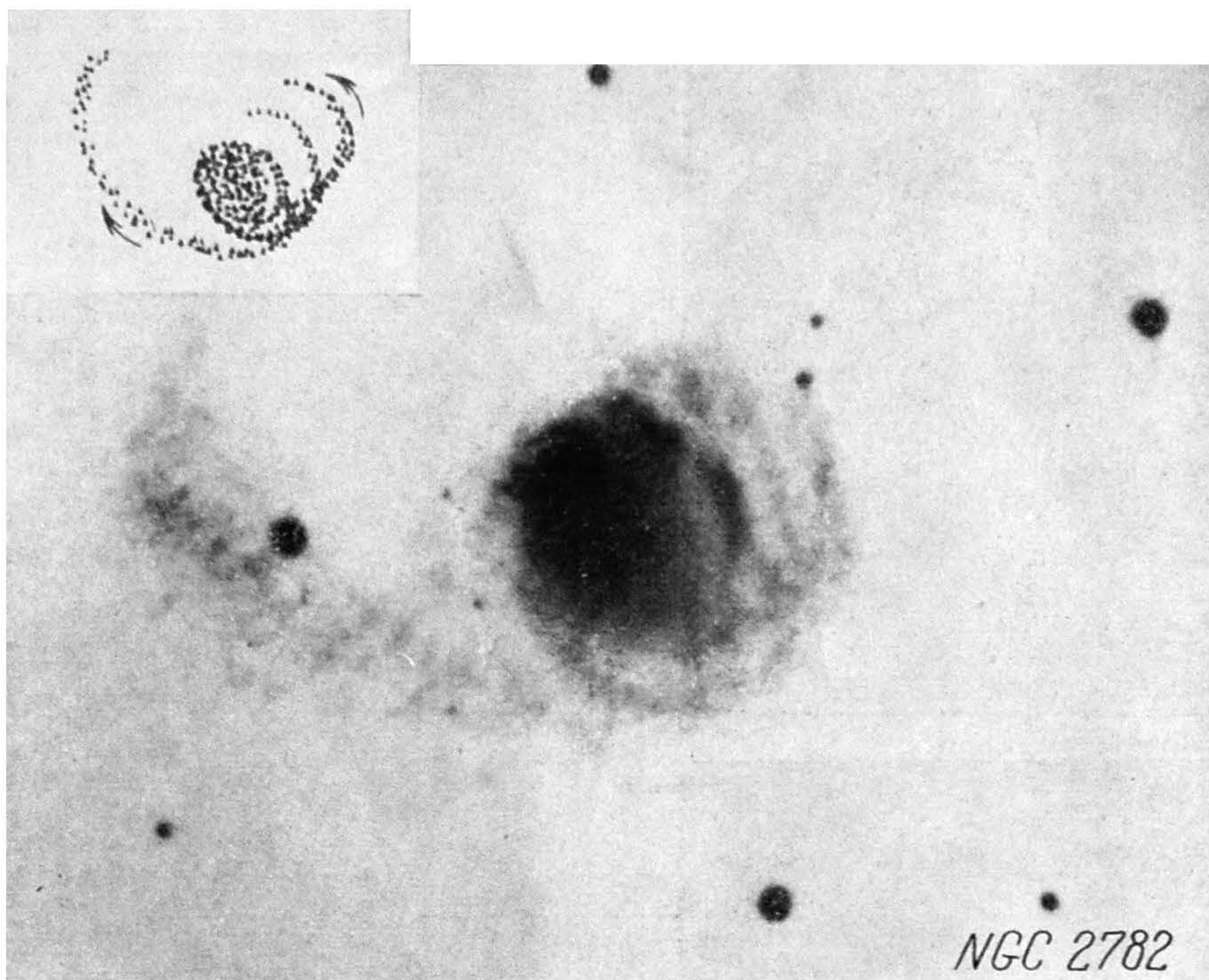


14 23 M

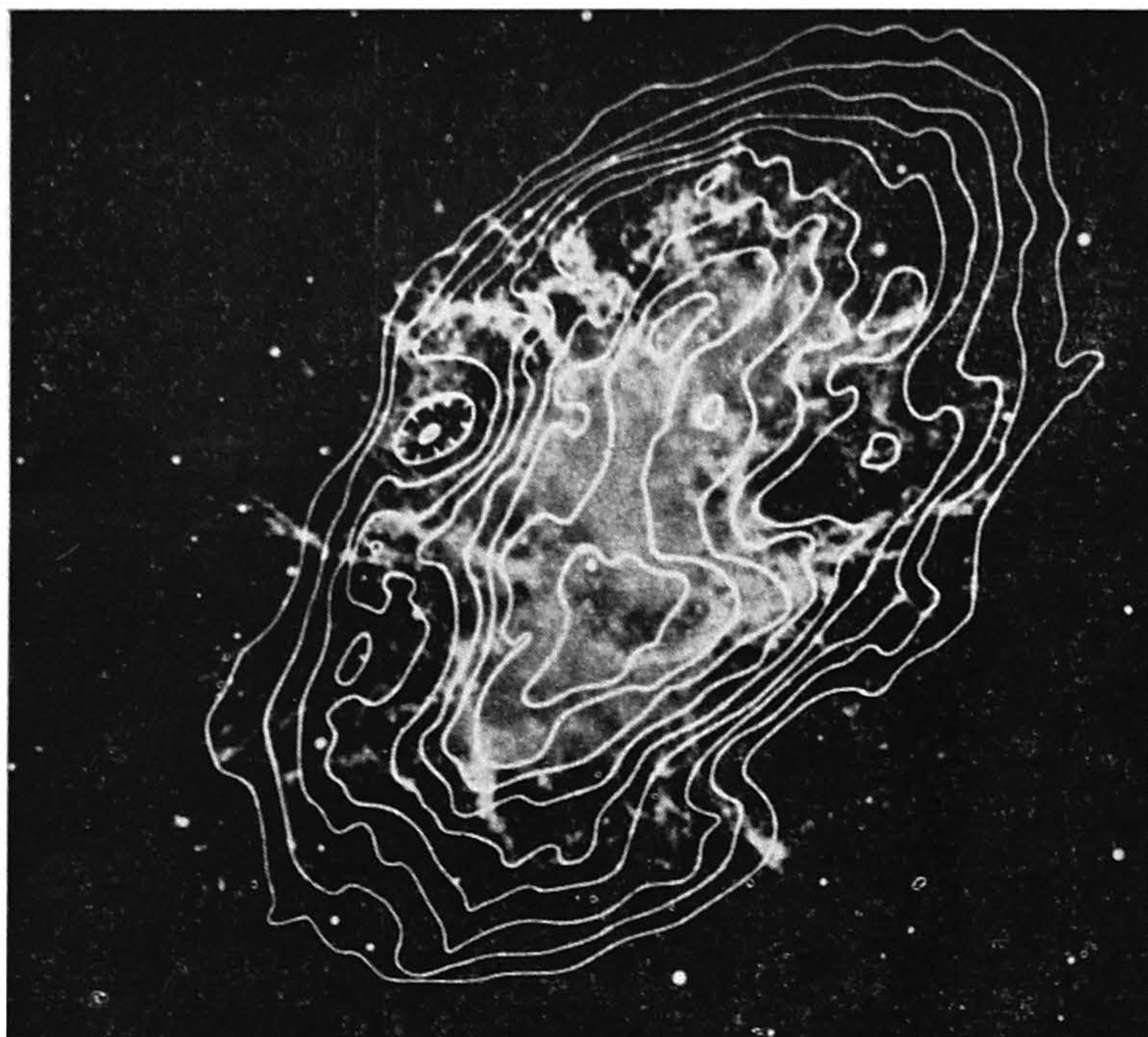


14 35 M

Последовательные радиоизображения Солнца, полученные в момент солнечной вспышки 22 ноября 1968 г. на радиоинтерферометре Кулгура (Австралия). Длина волны 3,75 м. Красным цветом обозначено радиоизлучение с левой, круговой поляриза цией, а синим — с правой. Белым цветом показано неполяризованное излучение. (К статье Н. С. Кар дашева и Л. И. Матвеевко)



Две галактики, в которых «уживаются» закручивающиеся и раскручивающиеся спиральные ветви. Такие галактики называют галактиками γ -формы. И действительно, их форма напоминает греческую букву γ . Особенно отчетливо это видно на схемах, где намеренно показаны только ветви с противоположным направлением закрученности.
[К статье Л. С. Марочника и А. А. Сучкова]



Радиоизображение Крабоидной туманности, совмещенное с ее фотографией. Изображение получено на радиоинтерферометре в Грин-Бенк (США). Длина волны 11 см

магнитного поля и ускорение частиц в центре Крабоидной туманности. Об этом свидетельствуют увеличение яркости к ее центру и быстрые изменения структуры центральных областей.

Радиоизображение источника Кассиопея А иллюстрирует другой тип туманности, образовавшейся после взрыва Сверхновой.

В отличие от Крабоидной туманности здесь хорошо заметна кольцевая структура. Радиоизлучение в центре минимальное. В оптическом диапазоне туманность почти не обнаруживается. По расширению туманности установили, что взрыв Сверхновой произошел около 300 лет назад. Однако оптическая вспышка астрономами не была замечена, поскольку в направлении звезды очень велико поглощение света межзвездной пылью. Оболочечная структура туманности, по-ви-

димому, объясняется взрывом звезды столь большой массы, что равновесия не наступает даже на стадии нейтронной звезды.

После взрыва таких звезд ядро наблюдать невозможно, и только свечение сферической расширяющейся оболочки напоминает о взрыве массивной звезды. В центре оболочки отсутствует какая-либо активность. В частности, поиски пульсара в центре радиоисточника Кассиопея А оказались безуспешными.

Хорошо известна яркая туманность в созвездии Ориона. Подобного типа туманности являются наиболее активными районами звездообразования. Молодые звезды формируются в результате сжатия облаков межзвездного газа под действием собственной силы тяготения. Высокая светимость молодых звезд обуславливает ионизацию окружающего газа. Образующаяся плазма с

температурой около $10\,000^\circ$ вызывает наблюдаемое радиоизлучение. Области, где звезды только что рождаются, обладают аномально мощным инфракрасным излучением и радиоизлучением в спектральных линиях H_2O (длина волны 1,35 см) и гидроксила OH (длина волны около 18 см). Как установлено, огромная интенсивность излучения радиолиний объясняется тем, что физические процессы, приводящие к этому излучению, подобны процессам в современных лазерных установках. Линейные размеры таких источников — порядка солнечной системы.

РАДИОГАЛАКТИКИ И КВАЗАРЫ — МОЩНЫЕ ИСТОЧНИКИ КОСМИЧЕСКОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Радиоизлучение радиогалактик и квазаров генерируется электронами высокой энергии, движущимися в магнитных полях. Однако и причины, порождающие огромное количество частиц высокой энергии, и структура областей, в которых происходит ускорение частиц, еще не ясны. Энергия частиц и магнитного поля в таких источниках превышает 10^{50} эрг.

Самая мощная из известных радиогалактик — Лебедь А. Этот объект состоит из трех компонент. Центральная туманность, подобно облаку ионизованного газа, излучает в оптическом диапазоне, но не обладает заметным радиоизлучением. Две боковые компоненты, наоборот, являются только источниками сильного радиоизлучения; какого-либо оптического свечения не обнаружено. По-видимому, во время взрыва центрального объекта образовались два облака, состоящие из частиц высокой энергии и магнитного поля. Теперь эти облака удаляются от места взрыва.

В последние годы наибольшие усилия многих астрономов были сосредоточены на изучении компактных источников радиоизлучения большой мощности, наблюдающихся в центральных частях некоторых галактик (в частности, нашей Галактики). Подобными же объектами являются и квазары. Линейные размеры их ядер не превышают не-

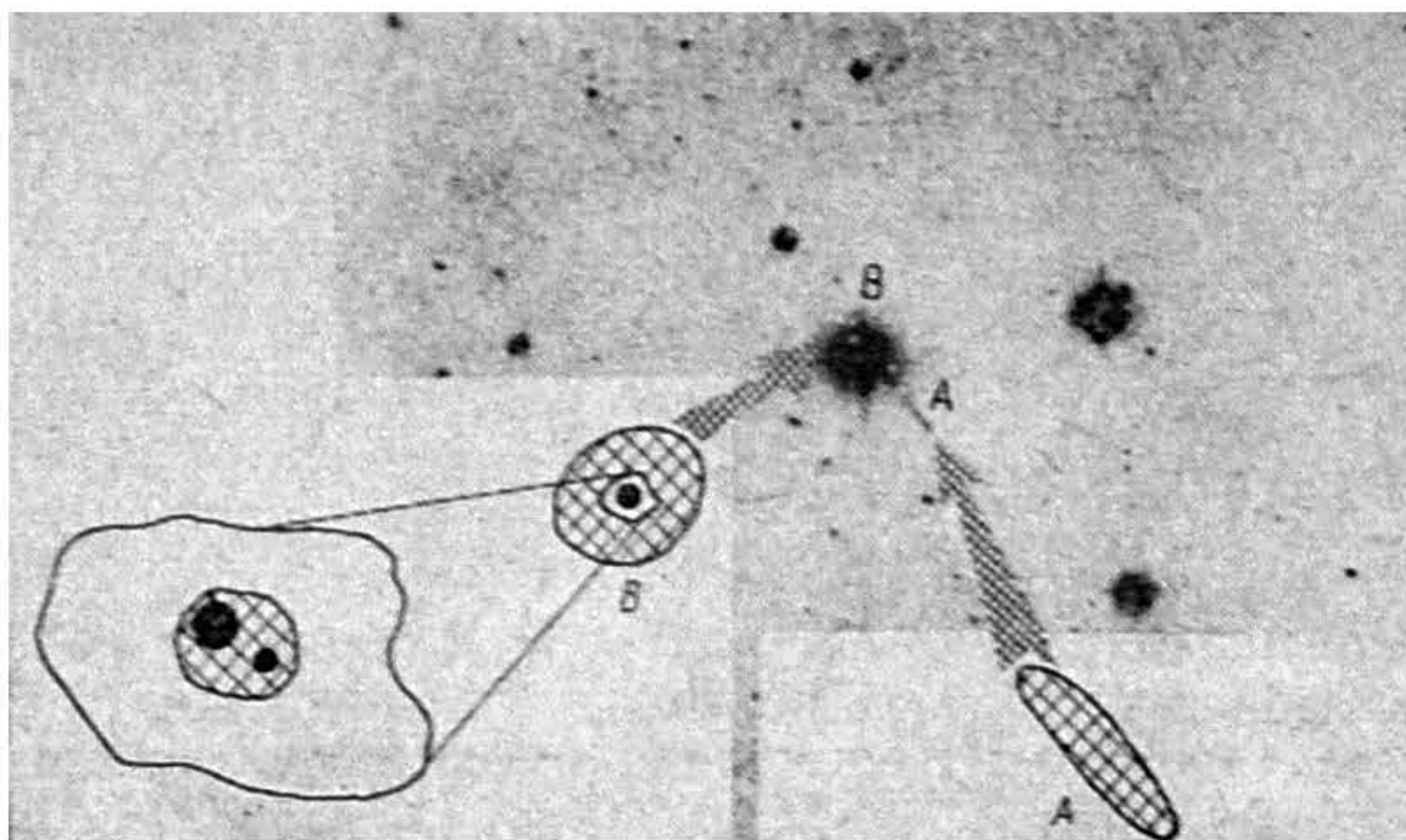


Схема и фотография радиоизлучающих областей квазара 3C 273. Объект состоит из компактного источника В и выброса А, имеющего протяженность около 100 000 световых лет. Компонент В в свою очередь состоит из двух компактных источников, обозначенных на схеме черными кружками. Угловой размер левого — 0,001 секунды дуги, а правого меньше 0,004 секунды дуги

скольких световых лет. Эти объекты обычно окружены выброшенными облаками, состоящими из частиц высокой энергии и магнитных полей. Пространство, заполненное облаками, имеет размеры порядка десятков и сотен световых лет. Ядро Галактики — не особенно сильный источник радиоизлучения. Но ядра

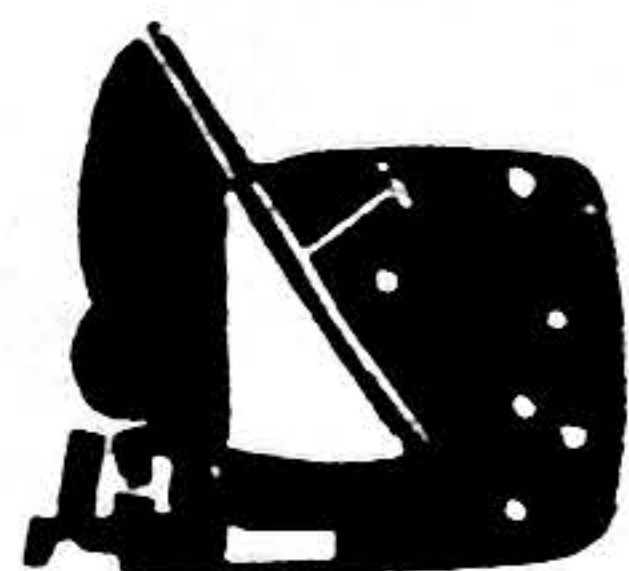
некоторых других галактик, а также квазары обладают такой же мощностью излучения и энергией, как и наиболее мощные радиогалактики.

Чтобы исследовать структуру квазаров, требуются интерферометры с самыми большими базами. Угловые размеры ядер квазаров не превышают тысячных долей секун-

ды. Для получения радиоизображений таких объектов создается международная сеть, объединяющая все радиотелескопы на земном шаре. В частности, в 1969 г. исследовались компактные источники радиотелескопом Крымской обсерватории АН СССР в Симеизе и радиотелескопом в Грин-Бенк (США), которые удалены друг от друга приблизительно на 8030 км.

Наблюдения показали, что радио- и оптическая структуры ближайшего квазара — 3C 273 (расстояние около 1,5 млрд. световых лет) подобны. Структура этого объекта очень сложна, причем центральные области разрешить не удастся.

Для дальнейшего улучшения углового разрешения предполагается проводить наблюдения на более коротких волнах или устанавливать радиотелескопы на космических ракетах и спутниках. Ракетные и спутниковые наблюдения открывают совершенно новые перспективы в развитии интерференционной методики. Они позволяют получить практически любое угловое разрешение и создадут возможность строить радиоизображения с любой требуемой точностью.



ФОБОС НЕ ПАДАЕТ НА МАРС!

Начиная с 1945 г., после исследования, проведенного американским астрономом Б. Шарплессом, считалось, что ближайший к Марсу спутник Фобос движется ускоренно и по очень пологой спирали медленно приближается к Марсу. Такой вывод Б. Шарплесс сделал, сравнив точные положения Фобоса по своим наблюдениям и наблюдениям, выполненным за полвека до него Г. Струве.

Герман Струве (внук В. Я. Струве) построил численную теорию движения спутников Марса, которой пользуются и в настоящее время для вычисления эфемерид Фобоса и Деймоса. Эта теория проста, не требует сложных вычислительных средств, но она лишь приближенно учитывает основные возмущения и может удовлетворительно представлять наблюдения на протяжении только 10 лет. Дальше приходилось исправ-

лять входящие в уравнения постоянные величины, что и делали последователи Г. Струве.

Недавно С. Н. Вашковьяк, аспирантка Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга, разработала аналитическую теорию движения спутников Марса, в которой учитываются такие источники возмущений, как несферичность фигуры планеты (ее сжатие равно 1 : 192, т. е. в 1,5 раза боль-

ние земного), влияние Солнца и взаимные возмущения Фобоса и Деймоса. (За эту работу С. Н. Вашковьяк присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук.) Построенная С. Н. Вашковьяк теория может быть применена не только к Фобосу и Деймосу, но и к будущим искусственным спутникам Марса, если эксцентриситет их орбит не превышает 0,1.

Теория, предложенная С. Н. Вашковьяк, хорошо согласуется с наблюдениями спутников Марса за 50 лет (с 1877 по 1926 г.). Разности положений спутников по данным наблюдений и теории не превосходят $0'',4$ (а именно такова точность современных фотографических наблюдений Деймоса; для Фобоса же она значительно ниже). Никакого систематического ускорения движения Фобоса обнаружено не было. Напротив, из теории следует, что в результате векового изменения эксцентриситета орбиты Марса среднее угловое движение Фобоса должно замедляться на $0'',3$, а Деймоса — на $1'',7$ за 100 лет.

Почти одновременно анализ движения Фобоса выполнил Г. Уилкинс (обсерватория Херстмонсо, Англия). Он использовал как старые наблюдения (1877—1929 гг.), так и новые, выполненные в Пулковской обсерватории в 1956—1967 гг. и присланные по его просьбе директором Института теоретической астрономии АН СССР Г. А. Чеботаревым. Расхождения между рассчитанными (в предположении, что ускорение спутника равно нулю) и наблюдаемыми положениями Фобоса не превосходят $2''$ на орбите (что соответствует долям секунды при наблюдении с Земли).

Результаты С. Н. Вашковьяк и Г. Уилкинса, полученные независимо друг от друга разными методами, не оставляют сомнения в том, что заключение Б. Шарплесса, будто движение Фобоса ускоряется и он должен через 15 млн. лет упасть на Марс, оказалось ошибочным. Фобос движется в полном соответствии с законами небесной механики.

В мае 1959 г., выступая в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга с изложением своей столь напугавшей потом гипотезы об искусственном происхождении спутников Марса, И. С. Шкловский, между прочим, сказал: «Остается еще тривиальная возможность — считать результат Б. Шарплесса ошибочным...» Теперь это высказывание оправдалось.

В. А. БРОНШТЭН
кандидат
физико-математических наук



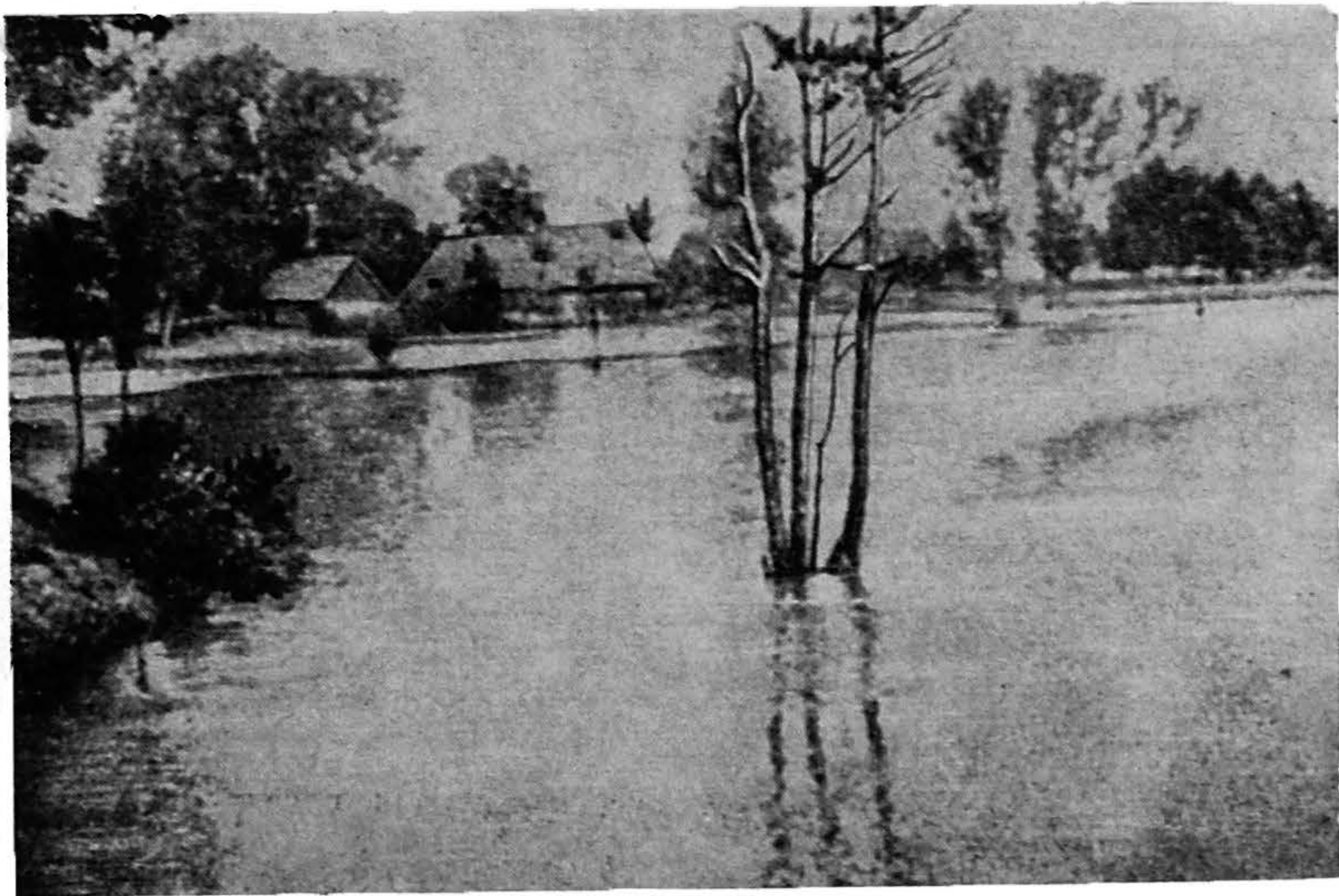
ПЛАТА ЗА УДОБСТВА

Во время наводнений почти всегда часть или весь населенный пункт оказываются в зоне затопления. Неужели люди так легкомысленны или невежественны, что не могут избежать ежегодно повторяющихся бедствий? Конечно, дело не в том. Все убытки от наводнений нужно расценивать как своеобразную плату за удобства, ведь на затопляемых рекой территориях расположены самые плодородные земли и удобные площади для промышленного использования. Значит речь идет о сознательном риске.

В таких развитых странах, как США, Япония, Канада, ущерб от наводнений растет из года в год. Ученые в США подсчитали, что к 1980 г. потери могут достигнуть 700 млн. долларов в год. Такая тенденция наблюдается и в других странах.

Правда, катастрофические наводнения довольно редки. Люди успевают забыть о них. Страшным было

наводнение в Италии в 1968 г. Страшным и неожиданным. Кажется итальянцы впервые узнали, как безобидные реки могут заливать старинные набережные Флоренции и дворцы кондотьеров... И вот расплата: 120 погибших, тысячи пострадавших, попорчены и погибли ценнейшие произведения искусства в художественных галереях. Ущерб по всей Италии превысил ее потери за время второй мировой войны. Италия часто страдает от разливов рек. За последние 15 лет на ее территории ($301,2$ тыс. км^2) произошло 102 катастрофических наводнения — в среднем 7 наводнений в год. Правда, итальянцы полны оптимизма и не ведут скрупулезных статистических подсчетов своим потерям. А вот в США страховые компании строго учитывают потери от стихийных бедствий. Здесь известно, что $\frac{2}{3}$ всех убытков приносят наводнения и только $\frac{1}{3}$ — землетрясения.



Наводнение в пойме реки Грабиа (Польша, 1960 г.)



Затопленный город в штате Теннесси (США, 1961 г.)

ураганы, лесные пожары и другие стихийные бедствия. На территории нашей страны много крупных рек с большими площадями водосбора, и наводнения нередко наносят ущерб хозяйству. Во что же обходится наводнение? Вот средние данные о годовой сумме убытков от наводнений: США — 350 млн. долларов, Польша — 875 млн. злотых.

Иногда создается ложное представление о размерах катастрофы, вызванной наводнением. Обычно это происходит, если пользуются такими сравнениями: на автострадах Франции в 1968 г. погибло 13 277 человек и было ранено 317 783, а наводнение 1968 г. в Италии — едва ли не самое сильное за последние пять веков — унесло 120 жизней... Но совсем иное впечатление о масштабах стихийного бедствия производят строки из «Бюллетеня Всемирной метеорологической организации» (№ 2, 1969 г.): «Грозы и обильные ливни 10 и 11 июля привели к наводнениям в Южной и Центральной Англии. Затоплены тысячи акров земель, отрезаны шоссе и железные дороги, на юго-востоке Девона, который объявлен районом бедствий, пропали без вести несколько человек, а уничтоженное и поврежденное имущество не поддается оценке... В начале октября сильные дожди в предгималайской части Западной Бенгалии

вызвали большие наводнения и оползни... Целые деревни были смыты, и число жертв, по-видимому, превысило 2000»...

Наводнение — грозное бедствие. Оно влечет за собой голод и эпидемии, оставляет людей без крова и имущества. Современный уровень науки и техники позволяет ликвидировать угрозу наводнений, как это сделано, например, на некоторых реках в СССР: Днепре, Волге. Однако борьба с наводнениями — задача еще не решенная. Многие зависят от своевременного и надежного гидрологического прогноза, который позволяет заблаговременно эвакуировать население и материальные ценности, защитить объекты, находящиеся под угрозой затопления.

Теория прогнозов и расчет стока интенсивно развиваются во многих странах и, особенно, в СССР*.

Будущему успеху немало должны способствовать исследования по программе Международного гидрологического десятилетия.

К. С. ЛОС Е В
кандидат географических наук

* Л. С. Кучмент, Е. П. Чемеренко. Гидрологические прогнозы и современная вычислительная техника. «Земля и Вселенная», № 4, 1969 г.

ИСКОПАЕМЫЙ ЛЕД ГАВАЙЕВ

У вершины потухшего вулкана Мауна-Кеа (о. Гавайи), на южном склоне кратера (высота около 4150 м) обнаружены остатки ископаемого льда. Смесь льда и лавы покрыта различными горными породами.

Группа сотрудников Института геофизики при Гавайском университете (А. Х. Вудкок, А. С. Фурумото, Дж. П. Вуллард) провела сейсмическое зондирование этих пород. Оказалось, что слой льда имеет мощность в десятки метров и простирается на несколько сот метров. Ученые полагают, что ископаемый лед здесь, в тропической зоне, сохранился со времени оледенения в эпоху плейстоцена. Предстоит провести бурение и поднять на поверхность глубинные колонки с образцами льда. Можно надеяться на интересные выводы о климатических, биологических и других характеристиках отдаленного прошлого Гавайских островов.

«Nature», 30, 1970.

ТОРНАДО И АТМОСФЕРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Откуда черпают свою гигантскую силу смертоносные вихри? Пытаясь ответить на этот вопрос, американские ученые Р. Т. Райан, и Б. Воннегут поставили лабораторный эксперимент. Используя электрический ток силой 2,5 а и напряжением 5000 в, они получили стабильные воздушные воронки. Высота этих воронок 1 м, диаметр 28 см, а скорость вращения воздуха 360 см/сек! Оказалось, что высоковольтный электрический разряд может создать устойчивую воздушную воронку, которая существует длительное время, причем воздействие области с низким атмосферным давлением не обязательно. Аналогичный процесс, по мнению ученых, происходит и в природных условиях.

«Science», 12, 1970.

Сергей Николаевич Блажко

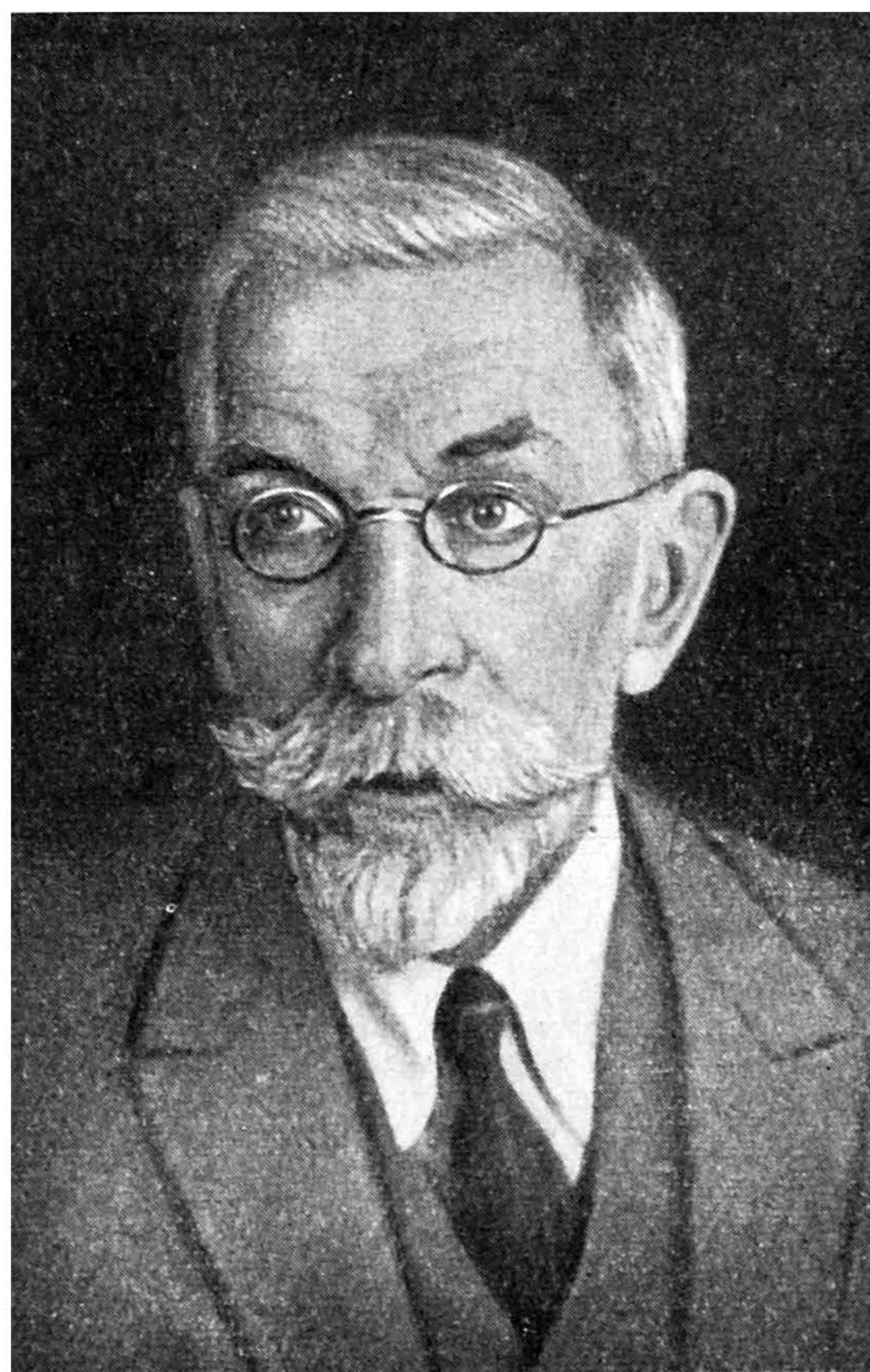
Мне посчастливилось учиться у С. Н. Блажко, в течение 25 лет работать на одной кафедре и жить с ним в одном доме.

Впервые я увидел С. Н. Блажко на лекции по общей астрономии в 1930 г. в Московской обсерватории на Красной Пресне. Несмотря на свои 60 лет он был бодр, подвижен, прост в обращении и очень внимателен к студентам. Он умел и любил слушать людей, умел терпеливо объяснить трудное студенту, тактично указать на ошибку «опровергателям» законов Кеплера, всегда с благодарностью принимал критику, если в ней была хоть крупица истины. «Каждое критическое замечание,— говорил он,— дает повод для улучшения изложения».

Чутким руководителем, всегда обаятельным, острым человеком, терпеливым воспитателем, великим тружеником науки — таким остался С. Н. Блажко в памяти близко знавших его людей.

Сергей Николаевич Блажко родился в ноябре 1870 г. В 1892 г. он окончил Московский университет, с 1894 г. стал ассистентом, а с 1915 — астрономом-наблюдателем Московской обсерватории. Он был свидетелем русско-японской войны и революции 1905 г. Бои на баррикадах Красной Пресни (рядом с астрономической обсерваторией) не оставили Сергея Николаевича равнодушным. Об этих событиях Блажко взволнованно рассказывал своему близкому другу, астроному Павлу Карловичу Штернбергу*, только что вернувшемуся из заграничной поездки.

Октябрьская социалистическая революция застала С. Н. Блажко в полном расцвете творческих сил. С первых же дней становления Советской власти научная, педагогическая, административная и обще-



* В. А. Шишаков. Павел Карлович Штернберг. «Земля и Вселенная», № 2, 1965 г. (Прим. ред.)

Сергей Николаевич Блажко (1870—1956)



Группа московских астрономов (1901 г.): в первом ряду слева направо — П. К. Штернберг, Л. П. Цераская, Ф. А. Бредихин, В. К. Цераский; во втором — С. Н. Блажко, С. А. Казаков, Б. П. Модестов

ственная деятельность С. Н. Блажко была подчинена задачам развития науки и просвещения обновленной Родины.

Педагогическая деятельность С. Н. Блажко началась еще в 1896 г., когда ему поручили проводить занятия по курсу практической астрономии в Московском университете. С 1900 по 1918 г. он преподавал также на Высших женских курсах, с 1909 по 1919 г. — в Народном университете имени А. Л. Шанявского. В 1910 г. Сергей Николаевич становится приват-доцентом кафедры астрономии и геодезии при Московском университете.

В 1918 г. С. Н. Блажко стал штатным профессором Московского университета и был назначен директором Московской обсерватории. На этом посту он оставался до лета 1931 г. — до организации Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга. Всем, кто знал Сергея Николаевича как директора обсерватории, казалось, что он

очень добрый и слишком уступчивый администратор. Но доброта и человечность не мешали ему принципиально ставить и разрешать вопросы руководства обсерваторией. Благодаря этому и среди сотрудников обсерватории, и в Наркомате Просвещения С. Н. Блажко пользовался исключительным авторитетом и доверием.

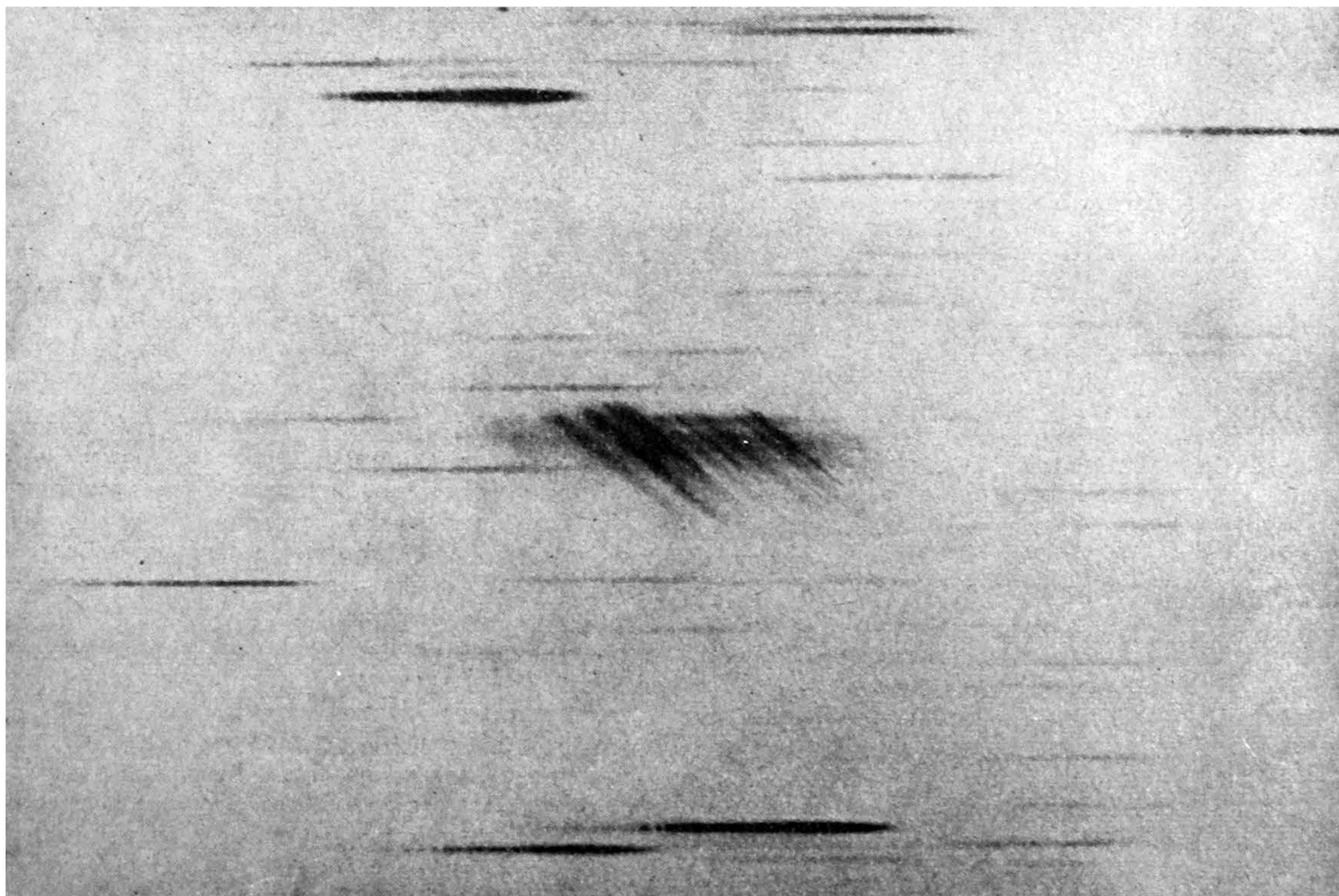
Как ученый Сергей Николаевич зарекомендовал себя в ранние годы своей деятельности на Московской обсерватории, где он начал работать в 1892 г. — в тот год, как он любил говорить, когда был открыт пятый спутник Юпитера. В 1895 г. С. Н. Блажко начал систематическое фотографирование звездного неба для обнаружения переменных звезд. Вместе с этим в течение десятилетий он проводил визуальные наблюдения блеска переменных звезд, в том числе и открытых на Московской обсерватории. В 1904 г. на аппаратуре собственной конструкции ему удалось сфотографировать спектры двух

метеоров. Через три года он получил спектр еще одного метеора. В течение многих лет они были в числе пяти, известных в мировой литературе. Результаты расшифровки этих спектров в 1907 г. опубликованы С. Н. Блажко в статье «О спектрах двух метеоров». Это одно из первых подробных исследований спектра метеора. Особое внимание Сергей Николаевич обращал на затменно-переменные звезды. В 1911 г. вышел в свет его труд «О звездах типа Алголя», в котором была впервые изложена полная теория затменно-двойных звезд. С. Н. Блажко почти 40 лет наблюдал свыше 200 переменных звезд различных типов и впервые обнаружил изменение периода и формы кривой блеска у некоторых короткопериодических цефеид. Это явление получило в мировой литературе название «эффекта Блажко». В 1919 г. С. Н. Блажко опубликовал новый оригинальный способ фотографирования малых планет для их обнаружения. Эта работа и совокупность его исследований по переменным звездам принесли Сергею Николаевичу широкую известность. В 1929 г. он был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Московская научная школа «переменщиков» была создана С. Н. Блажко, и не случайно более двадцати лет он был председателем Центрального бюро, а затем председателем комиссии по изучению переменных звезд в Астросовете Академии наук СССР. В то же время он — автор ряда оригинальных конструкций, в частности, прибора для обнаружения переменных звезд на негативах — блинк-микроскопа. Первый такой прибор был изготовлен в мастерских ГАИШ и успешно работал в течение многих лет.

С 1931 по 1937 г. Сергей Николаевич заведовал кафедрой астрономии, а с 1937 по 1953 г. — кафедрой астрометрии механико-математического факультета МГУ. Посвящая свой труд подготовке молодых ученых, Сергей Николаевич с увлечением читал курсы общей астрономии, общей астрофизики, практической астрономии и руководил наблюдениями студентов и аспирантов. На занятиях он никогда не пользовался конспектами, при чтении лекции умел следить за каждым студентом, наблюдая, как его слушают.

Как-то Сергей Николаевич посоветовал мне пе-



Спектр метеора, полученный С. Н. Блажко в 1904 г. на сконструированной им призмной камере



П. К. Штернберг — приват-доцент Московского университета, С. Н. Блажко — ассистент Московской обсерватории

реопределить широту Московской обсерватории и указал на старый пассажный инструмент, который на обсерватории назывался «лягушкой». Получить значение широты с высокой точностью мне не удалось. В свое оправдание я заметил, что инструмент этот старый и плохой. Сергей Николаевич мне сказал: «Милостивый государь, с хорошим инструментом и дурак получит хорошую широту, а астрометрист должен уметь с плохим инструментом получить хорошую широту». Это навсегда отбило у меня охоту оправдываться в своих промахах.

С. Н. Блажко был одним из лучших профессоров-воспитателей молодого поколения. Он отдавал этому делу все свое умение, знания и талант. Свой огромный опыт он изложил в ряде учебников, которыми вот уже много лет пользуются не только студенты и аспиранты, но и все астрономы, да и не только астрономы. С. Н. Блажко написаны неоднократно издававшиеся курсы по практической астрономии, общей астрономии и сферической астрономии. Второе издание курса сферической астрономии и третье издание курса практической астроно-

мии в 1952 г. были удостоены Государственной премии СССР. Издана также его монография «История астрономической обсерватории Московского университета, в связи с преподаванием астрономии в Университете» (1940 г.). Это прекрасная летопись развития астрономии в Московском университете.

Сергей Николаевич имел почетное звание Заслуженного деятеля науки РСФСР, он был награжден двумя орденами Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени и медалями. С. Н. Блажко был одним из основателей и в течение ряда лет председателем Московского общества любителей астрономии, заместителем председателя Ассоциации астрономов РСФСР, почетным членом ВАГО, членом Международного астрономического союза и ряда научных обществ.

С. Н. Блажко прожил большую жизнь, 67 плодотворных лет из 85 прожитых он отдал астрономии и Московскому университету.

К. А. КУЛИКОВ
профессор

Евгений Георгиевич Швидковский

5 октября 1970 г. на шестьдесят первом году жизни скончался видный советский ученый, доктор физико-математических наук, профессор Московского государственного университета, коммунист Евгений Георгиевич Швидковский.

Е. Г. Швидковский родился в 1910 г. в Подольске, в семье цехового мастера. Шестнадцатилетним юношей он начал трудовую жизнь, работая вначале электромонтером, чертежником, а с 1929 г. конструктором по оборудованию металлургических печей.

В 1928 г. Евгений Георгиевич поступил на физическое отделение Московского государственного университета и окончил его в 1932 г. по специальности молекулярная физика и теория тепла. Почти 40 лет он был сотрудником физического факультета Московского университета. Евгений Георгиевич выполнил работы, относящиеся к теории распространения тепла и послужившие основой построения теплового расчета металлургических печей перподического действия.

В 1939 г. Е. Г. Швидковский защитил кандидатскую диссертацию, посвященную теории плоских температурных волн. В дальнейшем он разрабатывал вопросы, связанные с исследованиями вязкостных свойств расплавленных металлов. На эту тему Е. Г. Швидковский в 1953 г. защитил докторскую диссертацию, а в 1955 г. была издана монография «Некоторые вопросы вязкости расплавленных металлов».

В 50-е годы под руководством Евгения Георгиевича на физическом факультете университета стало развиваться одно из перспективных направлений современной науки — физика реальных кристаллов. Семинар, который вел Евгений Георгиевич по теории дислокаций, получил всесоюзную известность. Результаты исследований в области теории дислокаций неоднократно общались на международных конференциях и съездах.

Последние 20 лет Е. Г. Швидковский занимался вопросами физики атмосферы. Он создал группу для разработки методов ракетного зондирования, а с 1954 г. возглавил отдел стратосферных исследований в Центральной аэрологической обсерватории. С 1964 по 1969 г. он был директором этой обсерватории.

Под руководством и при участии Е. Г. Швидковского были разработаны методы метеорологического ракетного зондирования, методы манометрических измерений на спутниках и изучения заряженных частиц в верхней атмосфере. В 1965 г. вместе со своими учениками Ю. А. Брагиным и О. К. Костко Е. Г. Швидковский открыл неизвестное ранее свойство атмосферы Земли на высотах 10—70 км — существование слоя заряженных частиц в стратосфере.

Е. Г. Швидковский был одним из инициаторов использования в Советском Союзе масс-спектрометриче-



Е. Г. Швидковский (1910—1970 гг.)

ской и лазерной техники для изучения атмосферы. Он выдвинул идею о применении математического аппарата кинетической теории газов для исследований свойств верхней атмосферы. Результаты этих трудов отражены в монографии «Кинетическая теория верхней атмосферы», написанной Евгением Георгиевичем в 1967 г. совместно со своими учениками А. И. Ивановским и А. И. Репневым.

Профессор Е. Г. Швидковский отдавал много сил подготовке молодых ученых. Человек высокой культуры, исключительной принципиальности и широкого научного кругозора, он щедро делился своими знаниями и опытом с молодежью, учил глубоко анализировать и обобщать результаты исследований.

Евгений Георгиевич Швидковский известен мировой научной общественности как деятельный участник международных научных программ. Он был активным членом 4-й и 6-й Рабочих групп Международного комитета по космическим исследованиям (КОСПАР), руководил составлением раздела новой справочной атмосферы КОСПАР для диапазона высот 30—60 км, участвовал в разработке программы сотрудничества социалистических стран в области космической метеорологии в рамках Интеркосмоса и в работе советско-французской Рабочей группы.

Ученики, коллеги и друзья навсегда сохраняют в памяти светлый образ Евгения Георгиевича Швидковского.

Группа товарищей



**СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ,
СЪЕЗДЫ**



XIV съезд Международного астрономического союза

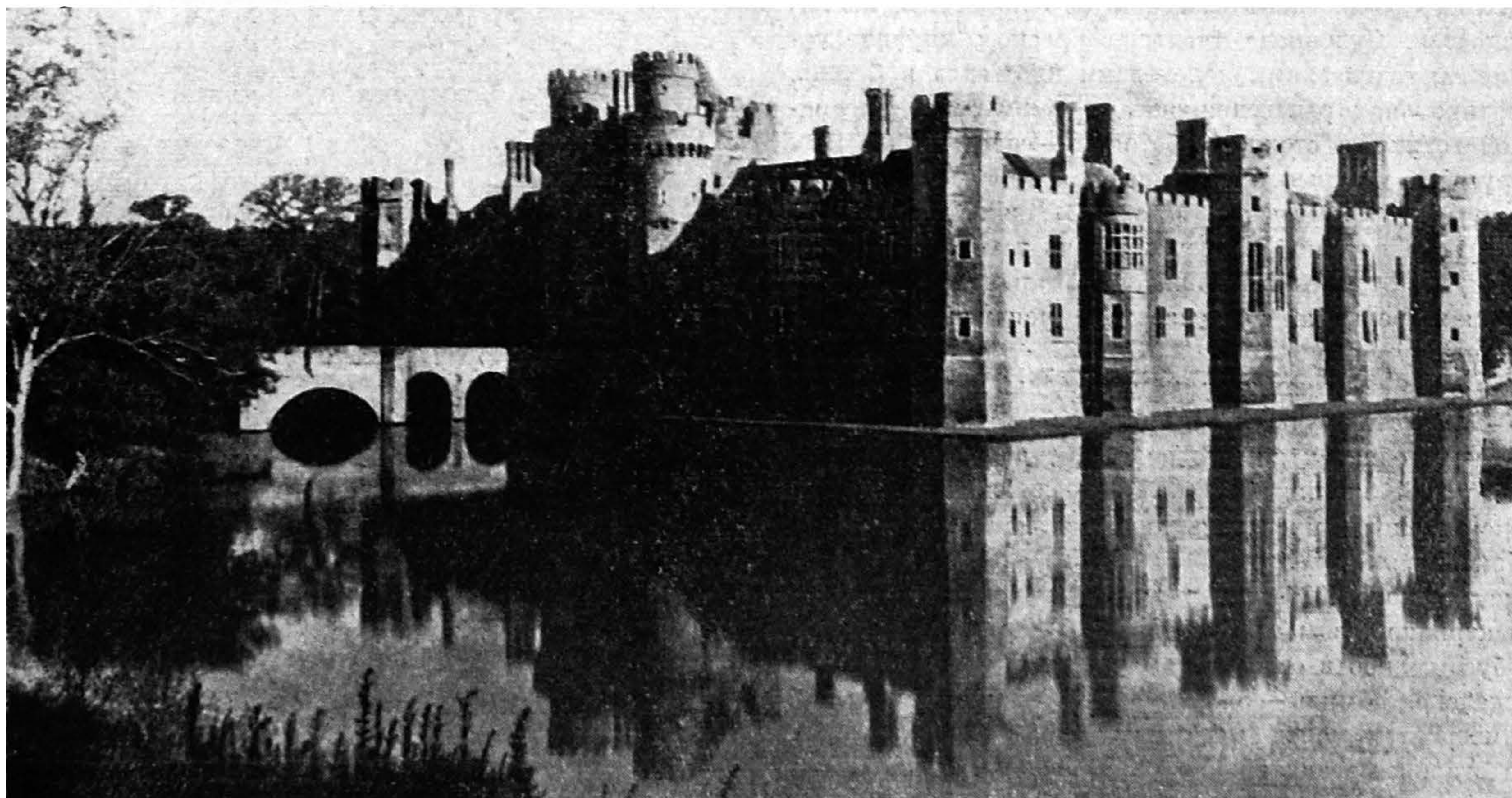
Прошло три года со времени последнего съезда Международного астрономического союза (МАС)* и астрономы всего мира вновь собрались на свой, на этот раз четырнадцатый, съезд.

В соответствии с решением XIII съезда МАС очередной съезд был созван в Англии, в курортном горо-

де Брайтоне. В Брайтоне много отелей, есть большой концертный зал — Dome*, способный вместить до 2,5 тыс. человек, и столь же вместительный зал для приемов — Corn Exchange (Хлебная биржа). Этот город давно стал излюбленным местом для конгрессов, съез-

* Д. Я. Мартынов. XIII съезд Международного астрономического союза. «Земля и Вселенная», № 1, 1968 г. (Прим. ред.)

* На английском языке словом «Dome» обозначают величественное сооружение с куполом. Так же называют вращающийся купол башни телескопа. Брайтонский Dome был построен как манеж при конюшнях принца-регента в начале прошлого столетия.



Замок Херстмонсо, где расположены служебные помещения Гриничской обсерватории

дов и т. п. В частности, Брайтон — традиционное место конгрессов британских тред-юнионов.

Но для нас, астрономов, самым главным было то, что совсем близко от Брайтона, около местечка Фалмер, расположен Сассекский университет, в котором имеется сильная астрономическая группа, а в 25 милях находится знаменитая Гринвичская обсерватория, переместившаяся из дымного Лондона в живописную местность Южной Англии. Здесь, вокруг величественного замка Херстмонсо, расположились ее старые и новые астрономические инструменты и среди них 98-дюймовый рефлектор «Isaac Newton Telescope».

На съезд приехало около 2500 человек, из них собственно астрономов 1800, остальные — сопровождающие лица. Наибольшее число участников приходилось на долю США (свыше 600), на втором месте — Англия (свыше 400), очень много ученых прибыло из Франции, ФРГ, Нидерландов — близких к Англии стран. Советский Союз представляли 54 делегата во главе с академиком В. А. Амбарцумяном.

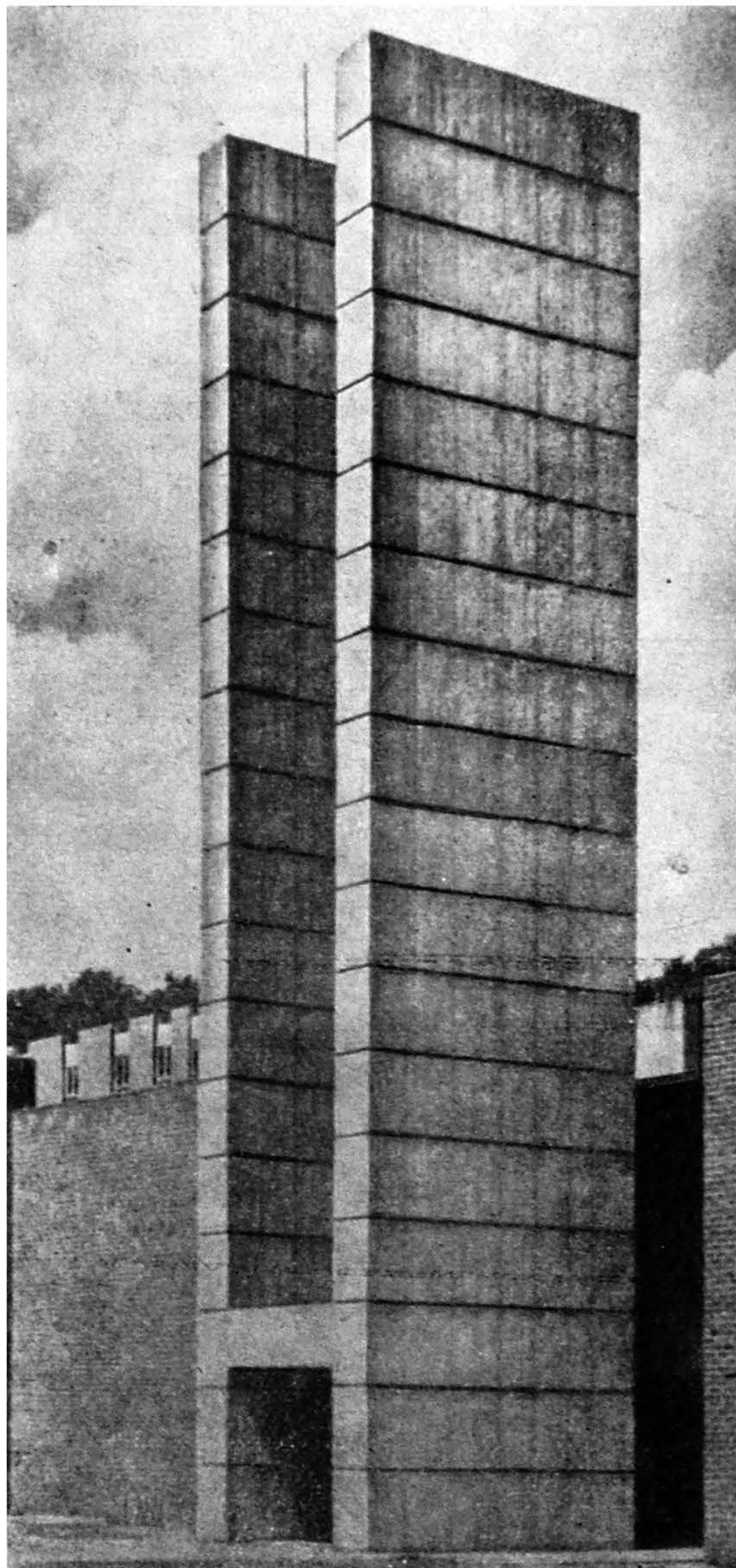
Разумеется, принять, разместить и обслуживать в течение 10 дней такое количество гостей — не простая задача, особенно если учесть, что почти все они жили в Брайтоне, а деловая жизнь съезда протекала, в основном, в университетском городке в Фалмере.

Несколько слов о Сассекском университете. Университетский городок раскинулся на ста гектарах прекрасного парка, где столетиями ухаживали за рощами и лужайками. В яркую сочную зелень удивительно красиво вписываются университетские здания из красного кирпича, возведенные на холмистой местности. Несмотря на разбросанность, цельность архитектурного ансамбля, очень своеобразного по стилю, не нарушается. Сплошные стены из красного кирпича перемежаются легкими переходами из стекла и бетона. Вертикальная расчлененность напоминает об английской готике, а стекло с бетоном — современные конструкции, которые несколько не противоречат, а скорее подчеркивают стройность невысоких (2—3 этажа) зданий. В погожий солнечный день там, где просматриваются отдаленные рощи, глаз отдыхает на мягких формах рельефа, скрадываемых неизменной легкой дымкой тумана.

В двух десятках зданий размещены, как и в других университетах, учебные лаборатории, аудитории, библиотека, общежития, столовая, прекрасный и респектабельный книжный магазин (без Агаты Кристи и секс-романов), продовольственный магазин. В пяти общежитиях живут 700 студентов. В университете учатся около 4000 студентов. Они приезжают либо на электричке (езды от Брайтона — 5—7 минут), либо автобусом, либо в своих автомашинах. Да и от Лондона недалеко: 55 миль — 55 минут электричкой! Сассекский университет молод (он открыт в 1961 г.) и не похож на старинные английские университеты. На 4000 студентов приходится 600 человек преподавательского и 1600 — обслуживающего и технического персонала.

XIV съезд МАС по традиции, установленной на X

съезде в Москве, открылся музыкой. Примечательно здесь было то, что это была органная музыка, что исполнялись произведения Вильяма Гершеля и что исполнительницей была леди Джинс — вдова знаменитого астронома Джеймса Джинса. Превосходно прозвучала виртуозная пьеса Ринка «Органная вариация на тему «Я бы сказала тебе, мама». В Англии эта песенка больше известна под названием «Сверкай, сверкай,



Вход в здание факультета искусств Сассекского университета

звездочка», что и послужило, по-видимому, поводом для включения ее в программу торжественной церемонии 18 августа.

Съезд открыла государственный секретарь по образованию и науке миссис М. Тетчер. Затем выступили мэр города Брайтона Х. Нетлетон, вице-канцлер Сассекского университета профессор А. Бриггс, президент Королевского общества лорд Блэкет, председатель Национального оргкомитета сэр Б. Ловелл. Ответную речь произнес президент МАС профессор О. Хекман.

Несколько часов спустя О. Хекман в том же Dome открыл первое пленарное собрание съезда. Это было «установочное» собрание, поскольку на нем только поставили вопросы, подлежащие обсуждению и решению, в том числе и отчет исполкома МАС за минувшие три года. Текст отчета роздали всем участникам. Была утверждена программа съезда.

Выполнение научной программы съезда началось 19 августа в тридцати восьми комиссиях МАС, в дискуссиях, объединявших несколько комиссий, и лекциях (Invited Discours).

Разумеется, нет никакой возможности даже коротко рассказать о всей научной информации и множестве научно-организационных вопросов. Следует заметить, что непосредственно перед съездом в разных странах (в том числе у нас в Ленинграде) проводились симпозиумы по отдельным областям астрономии. Естественно, что во второй раз обсуждение тех же вопросов, хотя и в несколько иной аудитории, проходило более вяло.

Вот некоторые, наиболее яркие научные итоги съезда. Пульсарам были посвящены две лекции*. Наблюдательный материал изложил Э. Хьюиш (Муллардовская радиообсерватория Кембриджского университета), который открыл первый пульсар. Новых фактов было сообщено мало, но авторитетное и обобщающее изложение вопроса произвело большое впечатление. Любопытная деталь: открыв первый пульсар в сентябре 1967 г. и убедившись, что этот источник космический в ноябре 1967 г., осторожные сотрудники Муллардовской обсерватории обнародовали свое открытие только в конце февраля 1968 г. А затем открытия новых пульсаров посыпались как из рога изобилия. К середине 1970 г. их число достигло 55.

В то же время теоретики с неменьшим рвением принялись объяснять явление пульсара. Именно этому была посвящена лекция, с блеском прочитанная академиком В. Л. Гinzбургом и принятая публикой с большой симпатией. К сожалению, хотя вышло в свет несколько сот теоретических работ о пульсарах, явление это мы понимаем слабо. Общепризнано пока лишь то, что пульсар представляет собой очень маленькую (поперечник 10—30 км) звезду, состоящую из нейтронов

и вращающуюся с периодом от 0,03 до 3 секунд. Пульсар обладает сильным (до 10^{13} э) магнитным полем, ось которого не совпадает с осью вращения («наклонный ротатор»).

Темой двух других лекций была спиральная структура Галактики. Обширный обзор наблюдательных данных о строении Галактики сделал Б. Бок (США), а теорию спиральной структуры изложил С. Лин (США). В последние годы у нас и за рубежом очень энергично разрабатывалась идея о волнах плотности, которые создают видимую спиральную структуру в нашей и других галактиках*. Теория хорошо описывает, по крайней мере с качественной стороны, наблюдаемые структурные детали.

В духе лекций было также организовано специальное собрание съезда, посвященное исследованию Луны. Пять докладчиков рассказали об американской программе «Аполлон». К сожалению, доклады изобиловали утомительными техническими подробностями, хотя и сопровождались демонстрацией интересного фильма**.

На этом собрании была дана оценка возраста доставленных на Землю образцов. Оказалось, что возраст лунных камней и пыли, взятых в различных местах Луны, колеблется от 3 до 4,5 млрд. лет, т. е. приближается к возрасту нашей планетной системы. Это свидетельствует о самостоятельном (не связанном с Землей) образовании Луны из первичного вещества солнечной системы.

Очень интересны и результаты работы сейсмографа, оставленного на Луне космонавтами «Аполлона-11». Удалось установить два типа сейсмических колебаний на Луне. Одни из них имеют, несомненно, ударное происхождение, другие обязаны своим происхождением тектоническим или вулканическим процессам. Удивительная одинаковость формы сейсмической записи указывает, что место их возникновения одно и то же — предположительно, район кратера Фра Мауро. Самое замечательное, что сейсмические колебания наблюдаются всякий раз, когда Луна находится в перигее. В это время приливообразующее влияние Земли на Луну на 16% превышает среднее, и можно допустить, что тогда приливная волна в коре Луны достигает значений, при которых нарушается целостность слагающих пород в тех местах, где прочность коры понижена.

По-видимому, можно считать вулканическую деятельность на Луне окончательно доказанной. Фотографии Луны с близкого расстояния показывают застывшие лавовые потоки в местах, образовавшихся сравнительно недавно, например в окрестностях кратера Тихо.

* Л. С. Марочник, А. А. Сучков. Чем объясняется спиральная структура галактик. Опубликовано в этом номере журнала. (Прим. ред.)

** Репортаж о специальном собрании съездомская газета «The Assambly Times», изложив первые три доклада, прервала словами: «К несчастью наш корреспондент заснул до того, как состоялись два последних доклада».

* Читатели «Земли и Вселенной» смогут ознакомиться с ними в одном из ближайших номеров. (Прим. ред.)

Другой вид «жизнедеятельности» на поверхности Луны — пылеобразование. Аппарат «Сервейер-3» за два с половиной года пребывания на Луне покрылся тонким слоем пыли.

Объединенные дискуссии (их было шесть) были посвящены обсуждению научных проблем. На дискуссии по гелию докладчики приводили сведения о содержании его в звездных атмосферах, в недрах звезд, в газовых туманностях. Обсуждалось образование гелия в процессе звездной эволюции и в процессе становления Вселенной в разных космологических моделях. В сущности, ради проверки этих моделей дискуссии и была затеяна, так как в разных моделях гелий образуется в разных количествах: 25% (по массе) при очень быстром образовании Вселенной, 100% при сравнительно недолгом и 0 при очень медленном. К сожалению, наблюдения различных объектов дают слишком противоречивые результаты.

На дискуссии, посвященной покрытиям звезд Луной, встретились астрометристы с астрофизиками. Известно, что лунные покрытия сослужили большую службу и астрометрии, и небесной механике, давая очень точную картину движения Луны. Применение фотоэлектрического метода на порядок повысило точность фиксации момента покрытия (или открытия). Но оказалось, что полностью использовать получившуюся высокую точность мешают неровности лунного края и недостаточное знание фигуры

Луны. Зато анализ кривой блеска звезды в процессе покрытия или открытия, ранее недоступный из-за вычислительных трудностей и ставший возможным сейчас, с применением электронных вычислительных машин, сделал вполне возможным обнаружение очень тесных (менее $0''.01$) двойных звезд, измерение диаметров звезд в несколько тысячных долей секунды дуги ($0''.0017 \pm 0''.0005$ у Регула) и даже изучение распределения яркости по диску звезды. Метод покрытий может соперничать с несравненно более дорогим методом интерферометра интенсивностей, позволившим получить пока наибольшее число (18) диаметров звезд.

Новым методам наблюдательной астрономии и результатам их применения были посвящены объединенные дискуссии по межзвездным молекулам и рентгеновской астрономии.

Успехи, достигнутые радиофизиками в освоении космического излучения сантиметрового и миллиметрового диапазонов, привели к открытию межзвездных молекул гидроксидов OH и воды H_2O . Бесспорно, что механизм излучения гидроксидов мазерный, но физикам-теоретикам предстоит еще немало потрудиться для объяснения этого загадочного явления. А пока что радиоастрономы довели число молекул, обнаруженных в межзвездном пространстве, до десяти. Напомним, что до этих экспериментов фотографическим способом открыли межзвездные молекулы CN (и CN^+) и CN .



В перерыве между заседаниями Комиссии 40 (радиоастрономическая). В центре первого ряда Ханбери Браун беседует с Мак-Кри, их с интересом слушает сэр Бернард Ловелл

Радиоастрономы нашли в межзвездном пространстве кроме молекул OH и H_2O молекулы формальдегида HCOH , аммиака NH_3 , синильной кислоты HCN , окиси углерода CO , цианоацетилена HCCCN , а в ультрафиолетовой области спектра обнаружили молекулы водорода H_2 . Наконец, на частоте 89 190 Mгц зарегистрировано сильное излучение, которое еще не удалось увязать ни с какой молекулой. С помощью межконтинентальных интерферометров установлено, что источники молекулярного излучения, как правило, очень малы (порядка 0,4 а.е.). По-видимому, это — сгущение вещества, которое войдет в будущие «солнечные» системы.

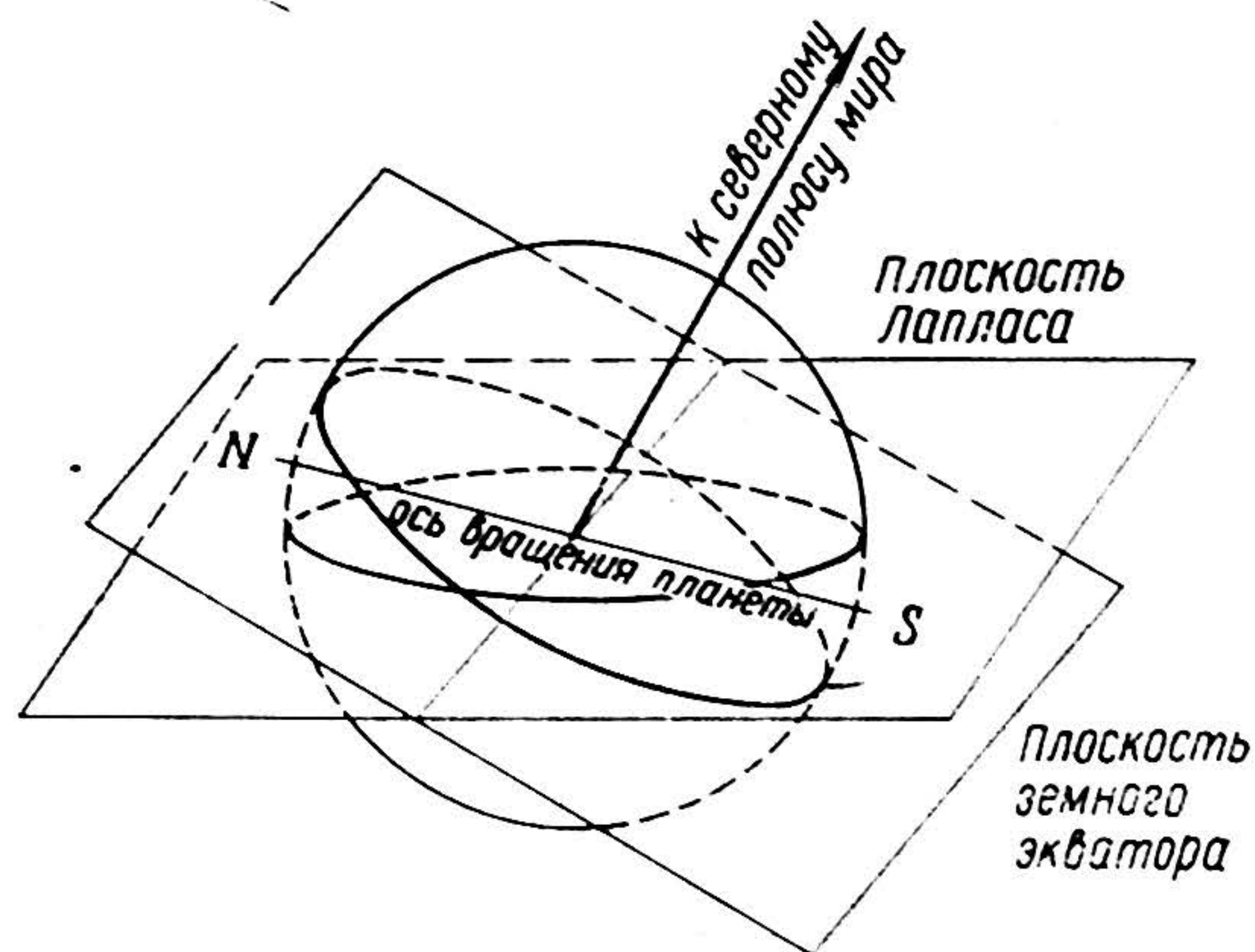
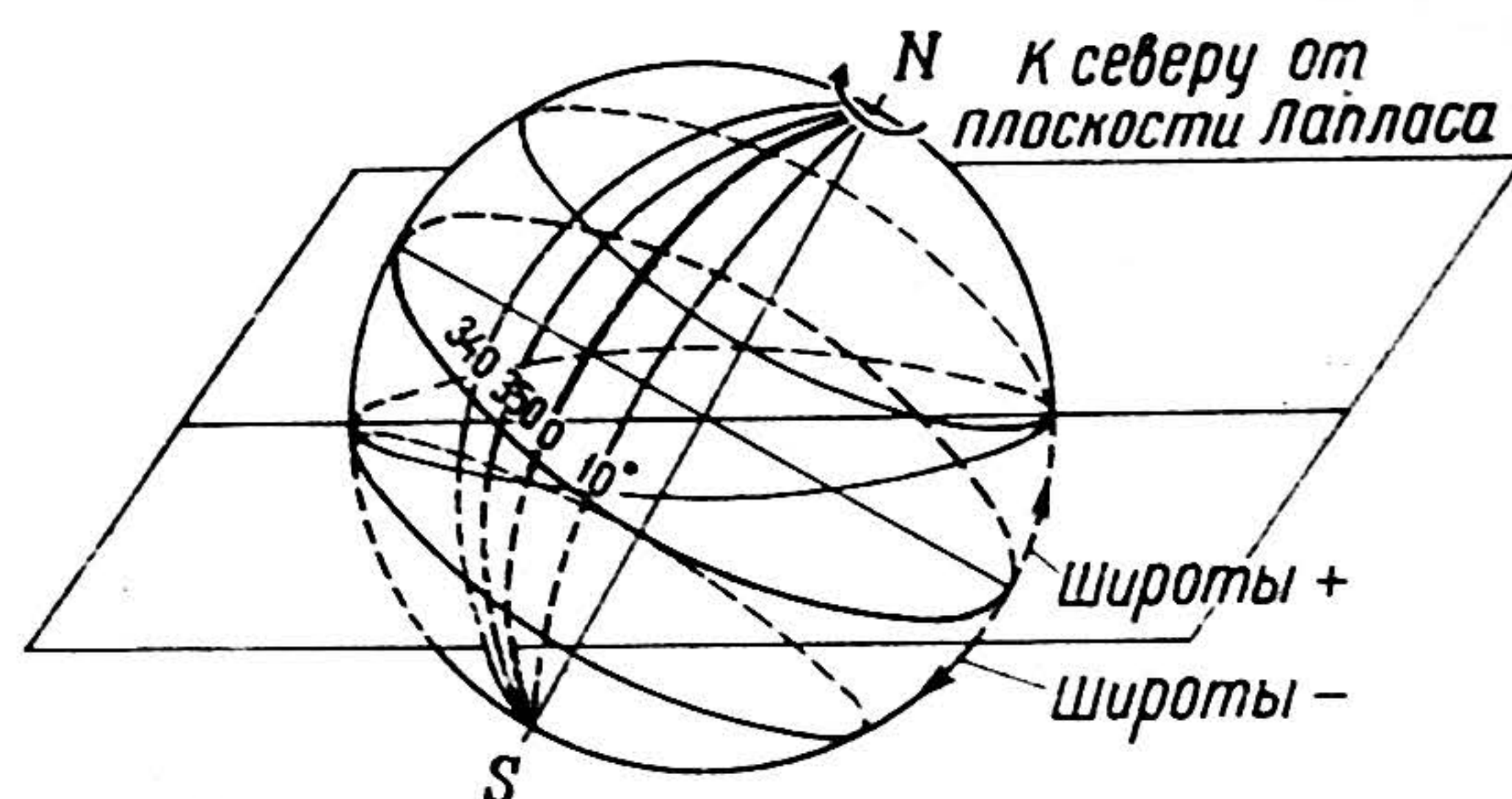
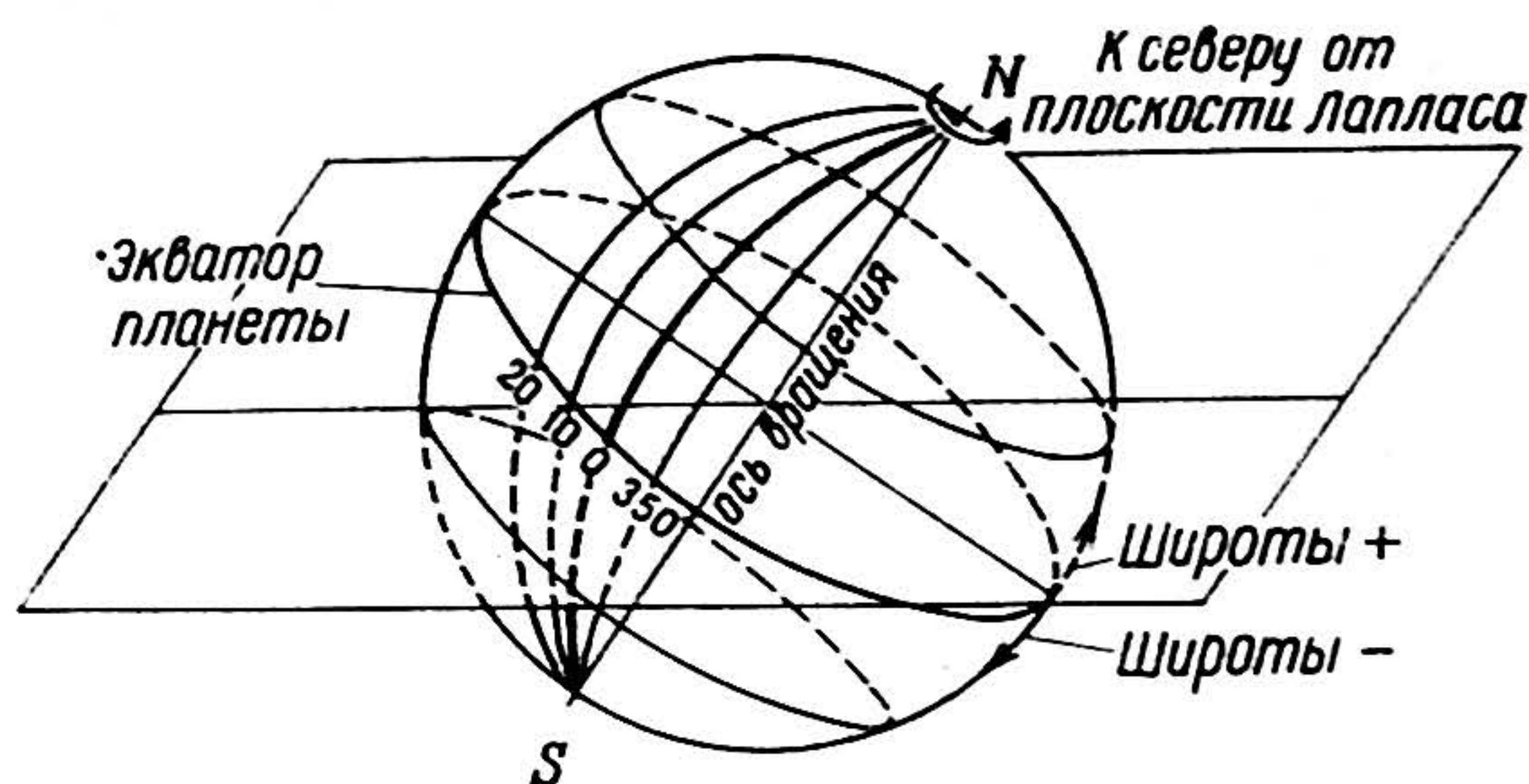
На дискуссии по вопросам ультрафиолетовой и рентгеновской астрономии было сообщено, что число известных рентгеновских источников достигло 50. Из них лишь 5 — внегалактические, а некоторые из галактических источников — вспыхивающие: то появляются, то исчезают на протяжении немногих месяцев.

Радиоастрономы (Комиссия 40) объединились с исследователями галактик (Комиссия 28) для обсуждения вопросов, связанных с эволюцией радиогалактик. Примерно 40% гравитационной энергии сверхмассивной «звезды», находящейся в центре галактики, излучается в радиодиапазоне. Этим и объясняется огромный выход энергии у радиогалактик. Выброшенные из галактики компактные плазменные облака диаметром 0",01 (или 1пс) пополняются новыми выбросами и так постепенно вокруг галактики-квазара образуются газовые облака, которые обнаруживают себя в спектре линиями поглощения. Облака движутся с огромными скоростями — десятки тысяч километров в секунду. Поэтому при встрече с межгалактической средой у фронтальной части облака возникает ударная волна, которая, с одной стороны, поддерживает облако компактным, а с другой — предоставляет энергию для его лучеиспускания.

В кругу радиоастрономов особенно бурно обсуждались якобы обнаруженные американским физиком Дж. Вебером гравитационные волны. Английские радиофизики полагают, что поток приходящих гравитационных волн должен сопровождаться мощными всплесками радионизлучения. Чтобы проверить это, в Англии на пяти удаленных друг от друга радиообсерваториях искали на частоте 151 Mгц (2 м) совпадавшие по времени мощные импульсы от галактического центра. Пять раз зарегистрированы совпадающие всплески на трех из пяти станциях, но совпадения на всех станциях не наблюдали ни разу. Это ставит под сомнение космическое происхождение радиовсплесков.

На объединенном заседании пяти комиссий обсуждалась проблема звезд RR Лиры, в частности их абсолютная звездная величина. Она оказалась неожиданно низкой + 1,^m30. Если она действительно такова, то расстояние до галактического центра составляет 6,3 кпс, тогда как по многим другим соображениям оно равно 10 кпс. Над разрешением этого противоречия астрономам предстоит поработать.

Расскажу еще о работе Комиссии 16 (физика планет) и Комиссии 17 (Луна). Обе они пользовались повышенным вниманием на съезде потому, что за минувшие три года в области планетной астрономии было сделано много сенсационного, и потому, что ожидалось много нового и интересного из неопубликованных исследований Луны и планет. Всех также инте-



Схема, разъясняющая рекомендованный МАС способ определения планетографических координат. Северным принимается тот полюс планеты, который лежит над неизменяемой плоскостью Лапласа. Направления отсчета долгот зависят от направления вращения планеты (см. рисунок сверху и в центре). Внизу показан маловероятный, но все же возможный случай, когда ось вращения планеты находится в растворе плоскостей Лапласа и земного экватора. Тогда северным считается тот полюс вращения планеты, который лежит над плоскостью Лапласа, хотя и с южной стороны плоскости экватора Земли.

ресовали планы будущих исследований планет методами космической астрономии. Однако ожидания были обмануты. Мы уже говорили об американских докладах по программе «Аполлон». Объединенная дискуссия, посвященная происхождению планетной системы, которую открыл профессор Ф. Хойл, мало что прояснила.

В докладе о пролете «Маринеров-6 и -7» около Марса ничего существенно нового не содержалось. Было лишь сообщено, что телевизионные снимки Марса очищены от шумов и что полученные крупномасштабные изображения отдельных мест нанесены на полную карту планеты, составленную по наблюдениям с Земли. Карта Марса была роздана участникам съезда, а Комиссия 16 утвердила наименования крупных объектов на карте (провинций) и их сокращенные обозначения. Было принято, кроме того, решение присвоить сравнительно небольшому числу кратеров Марса имена скончавшихся исследователей этой планеты.

Обратное вращение Венеры посеяло некоторую неуверенность среди астрономов. Какой из полюсов вращения планеты считать северным? Где видеть западную сторону планеты, а где восточную? Как считать долготы на поверхности планеты? Специально созданная группа обсудила этот вопрос. Теперь следует считать тот полюс вращения северным, который находится с северной стороны неизменяемой плоскости Лапласа, а планетоцентрические широты — положительными в направлении к этому полюсу. Что касается долгот, то они должны отсчитываться от 0 до 360° в таком направлении, чтобы неподвижный наблюдатель (в инерциальной системе координат) видел их возрастающими по мере вращения планеты.

После пионерского полета советской межпланетной станции «Луна-3», впервые сфотографировавшей обратную сторону Луны, новые запуски советских и американских космических кораблей принесли много детальных фотографий невидимой стороны Луны. В СССР и США были составлены более точные карты нашего спутника. На них видны сотни крупных и мелких кратеров, немногочисленные моря и образования, промежуточные между морями и кратерами (их иногда

называют «талассонды»). Уже на XIII съезде МАС была создана комиссия, которой предстояло дать наименования всем лунным образованиям. Комиссия провела огромную работу и установила принцип — присваивать лунным образованиям имена скончавшихся ученых по физико-математическим и естественным наукам, а также имена выдающихся деятелей ракетной техники и космонавтов. В знак признания особых заслуг в завоевании космоса 12 лунным кратерам даны имена здравствующих советских и американских космонавтов: Г. С. Титова, В. В. Николаевой-Терешковой, А. Г. Николаева, К. П. Феоктистова, А. А. Леонова, В. А. Шаталова, Ф. Бормана, Дж. Ловелла, У. Андерса, Н. Армстронга, Э. Олдрина и М. Коллинза. После небольших исправлений будет выпущена новая полная карта Луны, как официальный документ МАС.

Я рассказал о какой-нибудь десятой доле научных итогов XIV съезда МАС. Хочу поделиться еще некоторыми общими впечатлениями, невольно возникшими из всей совокупности заседаний и встреч с коллегами. Первое — это бурное внедрение в экспериментальную и теоретическую работу астрономов современной электроники, начиная от программного управления телескопами и кончая сложнейшей обработкой наблюдений, а также модельными вычислениями по звездной динамике и небесной механике. Второе — непрекращающиеся успехи применения радиофизических методов в астрономии: открыты пульсары и выполнена радиолокация планет, составлены более детальные карты Луны и планет и даже определены вариации высот на поверхности планет. Третье — растущая опасность быть захлестнутыми потоком информации через журналы, публикации обсерваторий и книги. Разумно составленная библиография астрономических изданий (предмет забот Комиссии 5) помогает отдалить эту опасность, но не снимает ее, так как возрастает тенденция печатания с легкими вариациями одних и тех же материалов одновременно или последовательно в разных изданиях и повторять их на разных съездах и симпозиумах, которые тоже стремятся увековечить себя в печати. Четвертое — языковые трудности на съездах и конференциях. На XIV съезде преобладал английский

Четыре новых почетных доктора Сассекского университета и вице-канцлер университета. Слева направо: профессор О. Хекман, профессор А. Бриггс, сэр Р. Вулли, профессор Э. М. Бербидж, академик В. Л. Гинзбург



язык, второй официальный язык союза — французский — редко слышался на заседаниях. Русский язык знают многие астрономы, но большинство из них стеснялись им пользоваться, а официально русская речь не звучала совсем.

Среди мероприятий XIV съезда было одно, не входившее в его программу, но живейшим образом увлекшее всех участников. Сассекский университет, все в том же Доме, объявил участников съезда «специальной конгрегацией» для присуждения почетной степени доктора Сассекского университета четырем астрономам: президенту МАС профессору О. Хекману (ФРГ), академику В. Л. Гинзбургу (СССР), королевскому астроному, директору Гриничской обсерватории Р. Вулли и профессору Э. Маргарите Бербидж (США). Хотя Сассекский университет не вышел из десятилетнего возраста, но в этом деле он проявил себя на уровне старинных английских университетов. Мы все с нескрываемым интересом (и улыбками) следили за средневековой процедурой (шествие в старинных мантиях, представление кандидатов, вручение им дипломов). Мы стояли, пока процессия проходила по залу, и садились, лишь когда садился вице-канцлер; мы стояли при звуках гимна, завершавшего ритуал, и стояли, когда под звуки торжественного марша (из оперы «Фауст») процессия удалялась из зала. Это было маленькое развлечение, в котором научное содержалось лишь в речах, представлявших кандидата, и в очень содержательной ответной речи, произнесенной от имени всех новых докторов профессором Э. М. Бербидж.

27 августа, после того как вся научная программа была завершена, состоялось заключительное пленарное заседание XIV съезда. Оно утвердило важные организационные решения, принятые комиссиями, а также финансовый отчет и план на будущее трехлетие. Были утверждены действия комитета, который ведал приемом новых членов МАС, в частности, на этот раз к 261 советскому члену МАС добавились еще 101. Были приняты предложения исполкома МАС о руководящем составе всех существующих сейчас 39 комиссий. Четыре из них возглавляют советские ученые: профессор Г. Н. Дубошин (Комиссия 7, небесная механика), профессор Б. В. Никонов (Комиссия 9, астрономические инструменты), профессор В. Н. Прокофьев (Комиссия 44, заатмосферные наблюдения) и академик Я. Б. Зельдович (Комиссия 47, космология). В трех комиссиях советские ученые занимают посты вице-президентов и в восемнадцать входят в состав бюро (они называются оргкомитетами).

По рекомендации исполкома взамен «отслуживших свой срок» вице-президентов МАС были избраны новые: профессор Б. Бок (США), профессор Б. Ловелл (Англия) и член-корреспондент АН СССР Э. Р. Мушель. Президентом МАС стал профессор Бенгт Стремгрен (Дания).

Единственным спорным вопросом на съезде оказался вопрос о месте созыва следующего XV съезда МАС. Первым поступило приглашение от Австралии, а вто-



Вход в старую Гриничскую обсерваторию. На заднем плане «Дом Флемстида», построенный Кристофером Рэном. Высокие окна восьмиугольной комнаты служили для первых астрономических наблюдений в Гриниче

рым — от Польши. XV съезд будет созываться в 1973 г., когда наступит 500-летие со дня рождения великого польского астронома Николая Коперника. После долгих дебатов исполком МАС принял компромиссное решение — созвать очередной XV съезд в Австралии и тотчас после него — внеочередной в Польше. Пленарное заседание съезда утвердило это решение.

На этом XIV съезд МАС закончил свою работу. Можно было бы закончить статью, но невольно хочется рассказать о некоторых интересных экскурсиях участников съезда. Их было много: одни — чисто развлекательные, другие, наоборот, очень специализированные, как например поездки в Кембриджскую радиоастрономическую обсерваторию или в обсерваторию Джодрелл Бэнк. Многие участники съезда побывали в Гриничской обсерватории, старой и новой, а также в Стоунхендже — в обсерватории каменного века*.

Когда после осмотра Гриничской обсерватории мы на катере плыли вверх по Темзе среди бесчисленных грузовых кранов, заброшенных и действующих верфей, а сзади нас росла густая пелена «смога», мы воочию убедились, до какой степени невозможно здесь продолжать астрономические наблюдения, тем более такие, какие были бы достойны столь знаменитой обсерватории. Мы видели превращенные в музей здания «Дома Флемстида» (1675 г.) и «Обсерватории Флемстида» (1676—1689 гг.), а также инструменты, в числе которых был меридианный круг Эри. Через оптическую ось этого инструмента проходит нулевой Гриничский меридиан. Было забавно сфотографироваться, стоя одной ногой в восточном, а другой — в западном

* А. Рюкл. Две английские обсерватории. «Земля и Вселенная», № 4, 1970 г. (Прим. ред.)

полушария. Но этот обывательский снимок не получает признания у специалистов. Они говорят: «А еще вопрос, что скажет положение земного полюса на сегодняшнее число!».

В Ленинграде полдень отмечается пушечным выстрелом. В Лондоне с 1853 г. в полдень выпускается с помощью электрического мотора, синхронизованного с часами, легкий шар. Это сделано в интересах мореплавания. Да и добрая половина деятельности всей Гриничской обсерватории в прошлом служила интересам мореплавания. И это прошлое очень ярко запечатлено в музейных коллекциях «Дома Флемстида» и расположенного к северу от обсерватории огромного «Морского музея». Вот где можно почти физически ощутить былую славу «Британии — владыцы морей». Здесь собраны первые секстанты, хронометры и примитивные карты вместе с моделями бесчисленных линкоров, фрегатов и других многопушечных кораблей, которые помогли Англии завоевать страны и территории, морские крепости и торговые пути!

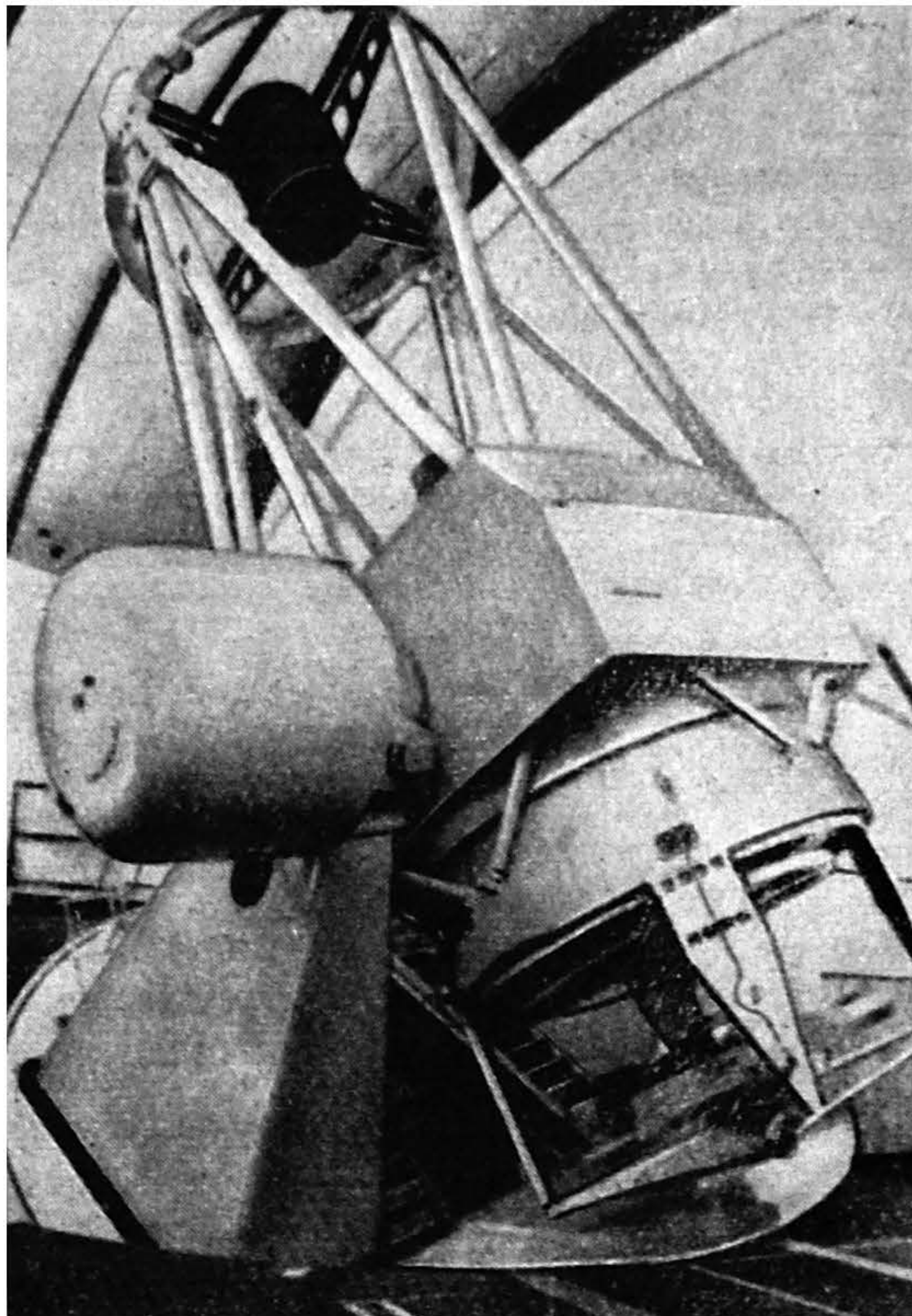
Другое ощущение — большая, почти наивная преданность англичан старине и бережное отношение ко всему, что может принести сейчас или потом славу Англии или уважение к ней. Под сводами Вестминстерского аббатства мы отыскивали величественное надгробье Исааку Ньютону. На нем высечено: «*Humani generis decus...*» («Украшение рода человеческого...»), а рядом — серые плиты каменного пола, начертаны только имена: Дарвин, Гершель, Кельвин, Резерфорд...

У гриничского причала на берегу Темзы как монумент парусному флоту Англии стоит «Кати Сарк» — венец парусного судостроения. Несмотря на свои изумительные ходовые качества, она все же уступила паровым судам. А совсем неподалеку на берегу — яхта «Джипси Мот IV», на которой недавно совершил кругосветное путешествие Френсис Чичестер.

Совсем иные впечатления рождает посещение новой Гриничской обсерватории в Херстмонсо. Чистый воздух Южной Англии, обширный парк, отсутствие городских помех... Правда, ясная погода — редкий гость в этих местах, но такова вся Англия — «туманный Альбион». Сюда перенесена старая Гриничская обсерватория, включая и вычислительный центр, выпускающий с 1767 г. «Морской ежегодник». Но Гриничский меридиан остался на старом месте.

Главный инструмент обсерватории в Херстмонсо — 98-дюймовый «Isaac Newton Telescope». Этот инструмент, очень похожий по конструкции и размерам на 102-дюймовый «телескоп Шайна» Крымской астрофизической обсерватории, помещен высоко над землей (18 м до пересечения осей). Инструмент предназначен для звездной спектроскопии. Но главная цель Гриничской обсерватории — служба времени.

Глядя на замок Херстмонсо, где размещается инструментальная часть Гриничской обсерватории, не следует заблуждаться относительно его средневекового вида. Это вполне современное здание, перестроенное из более старого, гораздо менее «феодалного» замка,



98-дюймовый (249 см) «Isaac Newton Telescope» — ведущий инструмент обсерватории Херстмонсо

стоявшего в полуразрушенном состоянии почти полтора столетия, до 1911 г. Внутри замка расположена библиотека, большой конференц-зал и другие служебные помещения, а также квартира Королевского астронома — единственного астронома, живущего при обсерватории.

На XIV съезде, как и на XIII съезде МАС, высказывались сомнения в целесообразности созыва многочисленных съездов. Но так приятно возобновить старые знакомства и так интересно завязать новые с теми, кого знаешь только по литературе, что никто не настаивал на отмене съездов МАС и переключении его деятельности на симпозиумы и коллоквиумы. Даже предложение о созыве съездов раз в четыре года не было принято и отложено «до греческих календ».

Итак, мы разъехались с твердым намерением вновь встретиться либо в Австралии, либо в Польше, либо в той и в другой стране.

Д. Я. МАРТЫНОВ
профессор

Ленинградский симпозиум по солнечно-земной физике

С 12 по 20 мая 1970 г. в Ленинграде, в помещении Таврического дворца проходил первый в Советском Союзе Международный симпозиум по солнечно-земной физике. Он был организован Комиссией по солнечно-земной физике Международного совета научных союзов и Международными научными союзами — астрономическим, геодезическим и геофизическим, а также союзом радионаук.

Целью симпозиума было подведение итогов исследований солнечной активности и солнечно-земных связей. В работе симпозиума приняли участие около 250 зарубежных и 500 советских ученых. На пленарных и секционных заседаниях обсуждалось около 250 научных сообщений и обзорных докладов, представленных специалистами 24 стран. Около одной трети всех сообщений сделали советские ученые и примерно столько же — ученые из США. Обзорные доклады синхронно переводились на официальные языки симпозиума: русский и английский.

Обширная программа симпозиума сводилась к двум основным темам: первая — солнечная активность как источник возмущений межпланетного и околоземного пространства и вторая — проявление солнечной активности в межпланетном пространстве, магнитосфере, плазмосфере и ионосфере Земли.

Остановимся только на некоторых, как нам кажется, наиболее интересных сообщениях.

АКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ НА СОЛНЦЕ

Солнечная активность, как известно, проявляется в фотосфере, хромосфере и короне Солнца в виде солнечных пятен, факелов, флоккул, волокон, хромосферных вспышек, корональных конденсаций, корональных лучей и т. п. Активные области отличаются от спокойных, невозмущенных областей Солнца подвижностью, магнитными полями, температурой и плотностью солнечной плазмы. Они являются источниками усиленного излучения солнечных электронов и протонов, рентгеновского, ультрафиолетового и радионизлучения Солнца.

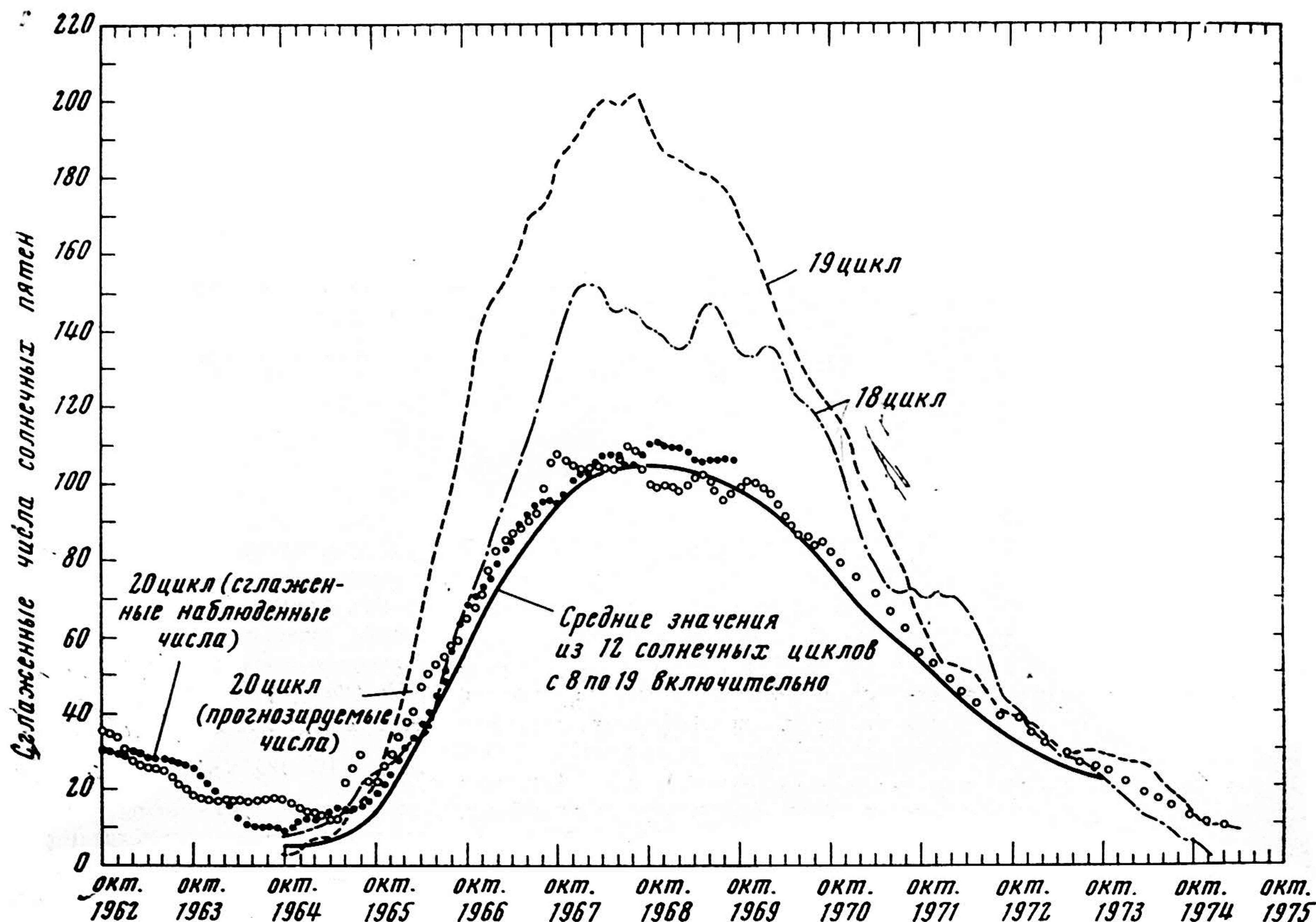
В ряде сообщений, в том числе и в обзорном докладе, который сделали Е. Додсон и Е. Хедеман (США), были рассмотрены изменения различных индексов солнечной активности. Весьма интересны сопоставления предыдущего девятнадцатого и текущего двадцатого 11-летних циклов. Наибольшее относительное среднее месячное число солнечных пятен (число Вольфа) в прошлом цикле равнялось 200 (октябрь 1958 г.), в текущем цикле 107 (август 1969 г.). Максимум активности в текущем цикле оказался примерно вдвое слабее максимума предыдущего. Организуя совместные исследования активного Солнца (1969—1971 гг.), ученые предполагали, что Солнце на этот раз будет менее активным, чем во время Международного геофизического года (1957—

1959 гг.), но никто не ожидал, что его активность снизится так значительно. Вполне естественно, что текущий цикл пока не отличается большими солнечными и геофизическими возмущениями.

РЕНТГЕНОВСКОЕ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА

Сообщения об исследованиях рентгеновского и ультрафиолетового излучений Солнца основывались на результатах измерений со спутников, ракет и высотных аэростатов. Группа советских ученых (С. М. Мандельштам, Л. А. Вайнштейн и другие) привела данные о температуре и интенсивности потоков рентгеновского излучения во время солнечных вспышек, полученных на спутниках «Космос-230» и «Интеркосмос-1». Выяснилось, что рентгеновское излучение вспышки обычно исходит из отдельных областей — волокон, диаметр которых может достигать до полутора десятков тысяч километров. Температура внутри этих областей составляет $2 \cdot 10^7$ К, а на их поверхности около $5 \cdot 10^6$ К.

Сообщения зарубежных ученых базировались на результатах измерений с американских орбитальных солнечных и геофизических спутников серии ESRO (Европейская организация по исследованию космоса). В этих сообщениях показано, что всплески рентгеновского излучения проявляются обычно во время солнечных вспышек и что продолжительность всплесков колеблется от



Прогнозируемые и наблюдаемые значения чисел солнечных пятен

нескольких секунд до часа. Наблюдалось постепенное усиление интенсивности излучения, а также кратковременные всплески большой интенсивности, продолжительность которых менее одной секунды. Предполагают, что медленные усиления вызываются «постепенным» разогреванием электронов солнечной плазмы во время вспышек до температур порядка десятков миллионов градусов, а импульсные всплески создаются тормозным излучением нетепловых электронов в атмосфере Солнца.

Японские ученые (Т. Такакура и другие) произвели несколько удачных измерений жесткого рентгеновского излучения Солнца на высотных аэростатах во время солнечных вспышек. Американцы Дж. Перселл и Р. Тауси сообщили данные о

наблюдениях спектра солнечной вспышки в ультрафиолетовом диапазоне 4 сентября 1969 г. Вспышка произошла в активной области на невидимой стороне диска, в 10° от его западного края.

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА

В последнее время сильно повысился интерес к исследованиям радиоизлучения Солнца в сантиметровом и миллиметровом диапазонах радиоволн, а также к использованию радиовсплесков Солнца для прогноза солнечных вспышек и более раннего опознавания протонных вспышек.

Некоторые всплески радиоизлучения Солнца сопровождаются более мощным выделением энергии на миллиметровых волнах, чем на сан-

тиметровых. Яркостная температура в этом диапазоне возрастает с длиной волны, а интенсивность медленной составляющей потока, наоборот, уменьшается с увеличением длины волны. Поглощение миллиметрового излучения в темных волокнах позволяет определять температуру и электронную плотность. Радиовсплески в миллиметровом диапазоне, если их интерпретировать как результат синхротронного излучения, указывают, что на Солнце существуют очень сильные локальные магнитные поля.

Заслуживает внимания сообщение Ф. Хэддока (США) о спутниковых наблюдениях солнечных радиовсплесков на волнах длиной до 6 км. Отмечались преимущественно всплески с быстрым смещением по частоте в сторону более длинных волн. Как известно, радиоизлучение Солнца на волнах длиннее 30 м наземными радиоастрономическими станциями не обнаруживается, так

как эти волны рассеиваются и поглощаются ионосферой. Возможно, что радиовсплески Солнца на длинных волнах создаются при колебаниях плазмы солнечного ветра на расстояниях от Солнца до 0,5 а. е.

КОРПУСКУЛЯРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА

На основании большого ряда наблюдений ученые пришли к выводу, что Солнце испускает заряженные частицы с энергиями порядка мегаэлектронвольт практически непрерывно — и в периоды максимума, и в периоды минимума солнечной активности. В этом процессе Л. Фиск, Дж. Кинс и Ф. Мак-Доналд (США) выделили четыре типа событий: 1) появление частиц во время хромосферных вспышек, сопровождающихся рентгеновским и радиоизлучением Солнца; 2) зарождение рекуррентных, возвратных событий, связанных с активной областью, в которой наблюдались вспышки на предшествующих оборотах Солнца; 3) испускание частиц активными областями, где раньше вспышки не наблюдались; 4) увеличение потока малоэнергичных протонов и электронов, часто наблюдающееся вслед за сильными межпланетными ударными волнами.

А. Хундхаузен (США) сделал очень интересное обзорное сообщение о химическом составе солнечного ветра по наблюдениям на спутниках. Как и следовало ожидать, солнечный ветер состоит в основном из ядер водорода и изотопов гелия (до 5% от количества водорода). Иногда наблюдались изотопы кислорода, правда в очень небольших количествах. Эти результаты подтверждаются группой швейцарских ученых (П. Эберхард и другие), которые при анализе образцов лунного грунта, доставленных «Аполлоном-11», обнаружили изотопы благородных газов He, Ne, Ar, Kr, Xe, принесенных на поверхность Луны солнечным ветром.

МЕЖПЛАНЕТНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Дж. Вилкокс (США) рассказал о связи крупномасштабных фотосферных магнитных полей, наблюдавшихся Крымской астрофизической обсерваторией, с межпланетными магнитными полями, измерявшимися на спутниках «Эксплорер-33 и -35».

Изменение полярности крупномасштабных магнитных полей на Солнце всегда сопровождалось изменением направления (к Солнцу или от Солнца) секторного поля у Земли с опозданием всего на несколько дней. В отличие от крупномасштабных фотосферных солнечных полей, локальные поля солнечных пятен не оказывали влияния на межпланетные секторные.

Межпланетные магнитные поля солнечного происхождения и заключенные в них частицы иногда не удаляются далеко от Солнца. Один из таких случаев, по сообщениям К. Шаттена (США), произошел во второй половине ноября 1968 г. На Солнце тогда наблюдали три вспышки (1 балл и менее). Ни одна из них не проявлялась ни в корпускулярных потоках, ни в секторных межпланетных полях у Земли. Однако они были замечены спутником «Пионер-6», который в это время приближался к Солнцу настолько, что сигналы его передатчика должны были проходить через корону Солнца — совершенно уникальное событие.

Немало интересных сообщений было посвящено связи солнечной активности с модуляцией солнечных и галактических космических лучей, влиянию солнечного ветра на кометы и другим не менее важным вопросам.

ПРОГНОЗЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ВОЗМУЩЕНИЙ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Изучение влияния солнечной активности на межпланетное и околоземное пространство имеет не только научное, но и практическое значение. Данные о солнечной активно-

сти используются при составлении прогнозов магнитных возмущений, при расчетах рабочих частот радиосвязи, для выпуска предупреждений о возможной радиационной опасности во время космических полетов и проведения экспериментов на спутниках, ракетах и высотных аэростатах.

Разработкой краткосрочных и долгосрочных прогнозов солнечной активности и связанных с нею геофизических явлений в настоящее время занимаются ученые ряда стран. Так, например, в США несколько прогностических центров выдают ежедневные прогнозы солнечной активности и возмущений космического пространства.

Сотрудники кембриджской исследовательской лаборатории военно-воздушных сил США сделали два интересных сообщения о прогнозах солнечной активности. В одном из них Р. Страка поделился опытом составления прогнозов интенсивных протонных вспышек при наблюдениях радиоизлучения Солнца в сантиметровом диапазоне. Д. Крук рассказал о том, как в качестве эффективного индикатора протонных вспышек использовались всплески радиоизлучения Солнца на волне 1,6 см. Д. Сمارт и М. Ши посвятили свой доклад технике прогнозирования интенсивности потоков солнечных протонов с энергиями более 20 Мэв по данным радио- и рентгеновского излучений Солнца.

Руководитель лаборатории прогнозов возмущений космического пространства метеорологической и геофизической службы США Р. Слутц познакомил с новым методом прогноза состояния космического пространства на двое суток вперед по К-индексам возмущенности магнитного поля одной магнитной обсерватории.

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР И МАГНИТОСФЕРА

Около одной трети рабочего времени было посвящено результатам исследований магнитосферы. Рассматривались вопросы движения заряженных частиц в магнитосфере,

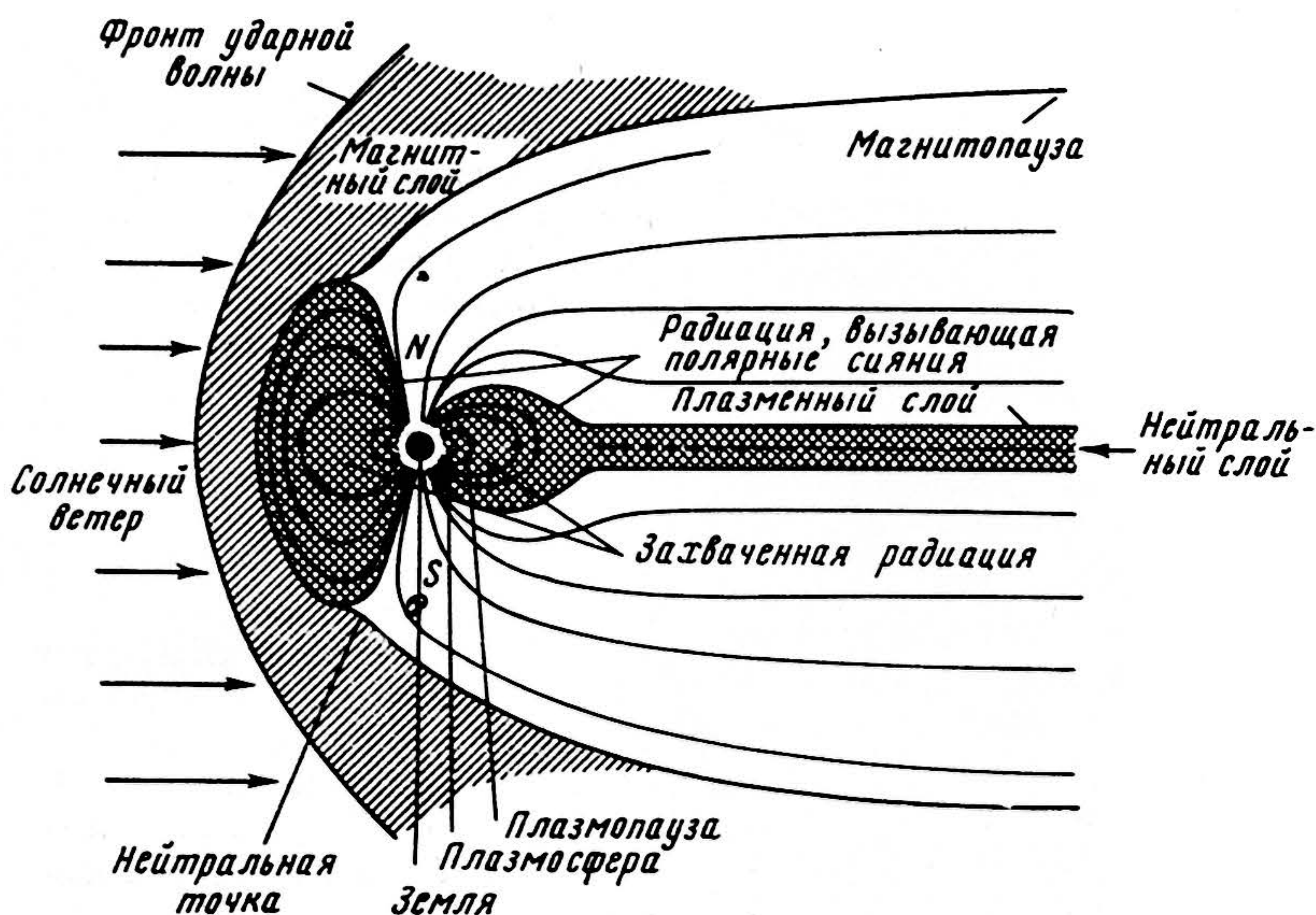
возбуждения гидромагнитных волн и магнитных микропульсаций и другие. Мы остановимся кратко на некоторых из них.

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР И КОНФИГУРАЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Д. Фэрфилд (США) проанализировал основные особенности геомагнитного поля в околоземном пространстве. Как известно, геомагнитное поле может быть надежно рассчитано по наземным данным примерно только до 3 земных радиусов от центра Земли. При больших расстояниях, как показывают измерения магнитного поля со спутников, обнаруживаются существенные расхождения между наблюдаемыми полями и рассчитанными. На расстоянии от 3 до 7 земных радиусов расхождения объясняются кольцевым электрическим током магнитосферы, обтекающим Землю с востока на запад. На больших удалениях от Земли конфигурация геомагнитного поля зависит от действия солнечного ветра: солнечный ветер ограничивает поле на дневной стороне и образует длинный хвост на ночной стороне Земли. Это приводит к возникновению своеобразного по форме и структуре поля магнитосферы Земли, совершенно не похожего на поле магнитного диполя.

Величины напряженности поля в магнитосфере на дневной и ночной стороне существенно различаются при одних и тех же удалениях от Земли. Так, на расстоянии 10 земных радиусов от центра Земли в подсолнечной точке напряженность равняется 80 гс, а в симметричной ей точке на ночной стороне — около 8 гс.

Силовые линии геомагнитного поля, проходящие в магнитопаузе (пограничный слой магнитосферы), на дневной стороне пересекают поверхность Земли на геомагнитных широтах $78^\circ \pm 3^\circ$. Силовые линии более высоких геомагнитных широт отклоняются, а во многих случаях разрываются и уносятся солнечным ветром на ночную сторону Земли, образуя магнитный хвост, простирающийся на многие сотни земных радиусов.



Строение магнитосферы — магнитного поля Земли. Магнитопауза пересекает линию Солнце — Земля на расстоянии 10–14 земных радиусов от центра Земли. Между магнитопаузой и фронтом ударной волны находится промежуточный магнитный слой с неоднородным магнитным полем и нагретой солнечной плазмой. Геомагнитный слой Земли формируется силовыми линиями геомагнитного поля, захваченными и унесенными солнечным ветром на многие сотни тысяч километров от Земли. Силовые линии поля геомагнитного хвоста в северном полушарии направлены к Земле, а в южном — в противоположную сторону. Предполагается, что солнечная плазма проникает в геомагнитный хвост, создает здесь плазменный слой и вызывает радиацию, порождающую полярные сияния. В магнитосфере вблизи Земли выделяются две характерные области: плазмосфера и радиационная зона. Плазмосфера образована тепловой плазмой (электронами и ионами теплых энергий), а радиационная зона — электронами и протонами нетеплых энергий, захваченных геомагнитным полем. Плотность ионизации резко уменьшается в плазмопаузе на расстоянии около 4 земных радиусов

Напряженность поля в хвосте магнитосферы примерно 16 гс на расстоянии около 20 земных радиусов и 7 гс на расстоянии 80 радиусов.

М. Сугиура (США) доложил об эффектах кольцевого магнитосферного тока по материалам магнитных измерений со спутников «ОГО-3 и -5». Кольцевой ток уменьшает поле в магнитосфере вблизи геомагнитного экватора и увеличивает его на геомагнитных широтах, больших 40° , а также в хвосте магнитосферы на расстояниях от 5 до 12 земных радиусов. Влияние кольцевого тока ощущается не только в магнитно-возмущенные, но и в магнитно-спокойные дни. Во время магнитных возмущений оно усиливается, при этом область пониженных значений поля

сокращается и приближается к Земле.

С. Е. Антонова и Е. Г. Ерошенко (СССР), используя результаты спутников «Электрон-2 и -4», показали, что ни одна из существующих теоретических моделей конфигурации магнитосферы не согласуется полностью с наблюдаемой конфигурацией поля.

Интересные данные о поведении и свойствах магнитопаузы на дневной стороне представили М. Сугиура и К. Огильви (США). На основании измерений магнитного поля и потоков электронов спутником «ОГО-Е» (в начале 1968 г.) было установлено, что магнитопауза сохраняет свое положение, когда магнитное поле спокойно, и перемещается, приближа-

ясь и удаляясь от Земли во время магнитных возмущений. Толщина магнитопаузы при этом сохраняется равной примерно 100 км. Поток электронов с энергиями около 40 кэв, проходя через магнитопаузу, ослабляется в десятки раз. Величина магнитного поля также изменяется.

МАГНИТОСФЕРНЫЕ (ПОЛЯРНЫЕ) СУББУРИ

Из сообщений, относящихся к этому явлению, можно особо выделить обзорные доклады С. Акасофу (Япония) и А. Деслера (США). Акасофу исследовал распределение протонов и электронов в магнитосфере во время магнитосферных суббурь (по спутниковым данным). На симпозиуме он продемонстрировал составленную им трехмерную модель системы магнитосферно-ионосферных токов магнитных суббурь. Деслер рассмотрел вопросы образования полярных сияний и магнитных суббурь при сжатии геомагнитного хвоста. Он высказал предположение, что потоки плазмы могут в этом случае двигаться к Земле вдоль магнитных силовых линий и при вхождении в полярную ионосферу создавать крупномасштабную ионосферную токовую систему.

Как отметили Е. Хоунс, С. Зингер и С. Бейм (США), по данным наблюдений со спутников «Вела», толщина геомагнитного хвоста во время отрицательной суббури (при которой уменьшается горизонтальная составляющая магнитного поля Земли) уменьшалась. В полярных сияниях в это время было зарегистрировано перемещение спокойных дуг сияний к югу, усиление их яркости и последовавшая затем быстрая смена спокойных дуг дискретными формами сияний.

ФИЗИКА ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ

Девять заседаний симпозиума были посвящены физическим процессам в верхней атмосфере и влиянию на них волнового и корпускулярного излучений Солнца. Рассматривалось поведение всех слоев верхней атмосферы — от нижнего слоя ионосферы D и до плазмосферы, внешней части

ионосферы, лежащей над максимумом электронной концентрации в слое F-2 и простирающейся вверх на несколько земных радиусов. Большое внимание было уделено явлениям в полярной ионосфере.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯ В ИОНОСФЕРЕ И МАГНИТОСФЕРЕ

В настоящее время ощущается большая потребность в измерениях электрических полей в ионосфере и магнитосфере. Движение заряженных частиц в магнитосфере и ионосфере определяется совместным действием на частицы магнитных и электрических полей. Чтобы объяснить любые происходящие здесь явления, связанные с движениями протонов и электронов, надо знать природу и магнитных и электрических полей.

Исследования электрических полей в магнитосфере и ионосфере составили предмет докладов Г. Херендела (ФРГ), Е. Брамли (Англия) и М. И. Пудовкина (СССР).

Наиболее полные сведения об электрических полях в слоях E и F ионосферы получил Геофизический институт в Перу. Величину и направление электрического поля определяли здесь наблюдением за отраженными радиопульсами высокой частоты, излучаемыми мощной радарной установкой.

Данные об электрических полях в полярной ионосфере извлекают обычно из наблюдений за движениями положительно заряженных бариевых облаков. Эти облака искусственно создаются геофизическими ракетами на заданной высоте. Электрические поля полярной ионосферы имеют напряженность 20—70 в/км, причем величина и направление их меняются в зависимости от высоты и времени суток.

Дж. Хепнер, Е. Векот и Дж. Столарик (США) сообщили о результатах проведенных ими наблюдений в марте 1969 г. за движением двенадцати бариевых облаков, образованных тремя ракетами на геомагнитных широтах 75—79° и на высотах 200—320 км. Анализ полученных значений электрических полей показал,

что существующая в настоящее время теория магнитных возмущений в полярных шапках, которая связывает эти возмущения с горизонтальными ионосферными токами, не вполне соответствует результатам измерений электрических полей и, следовательно, должна быть пересмотрена.

ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ

Советский ученый Я. И. Фельдштейн прочитал обзорный доклад о полярных сияниях и связанных с ними явлениях. Он рассмотрел влияние некоторых крупномасштабных особенностей магнитосферы на овальную околополюсную зону полярных сияний, а также изменения положения овальной зоны в зависимости от интенсивности магнитосферного кольцевого тока и полярных магнитных возмущений.

Зона полярных сияний является одновременно и зоной поглощения радиоволн и зоной неоднородностей в ионосфере, влияющих на распространение радиоволн и радиолокационных отражений. Дж. Гассман (США) рассказал о попытке картировать зоны полярных сияний по наблюдениям ионосферы и свечения ночного неба с самолетов. Для этого было выполнено 50 пересечений зоны сияний в различное время суток и при разной степени возмущенности магнитного поля. В западной части дневного сектора при слабо возмущенном магнитном поле максимум интенсивности кислородной линии (6300 Å) проявился на геомагнитных широтах 76—78°. Здесь же наблюдался прозрачный спорадический слой E и дискретные формы полярных сияний. Далее к югу, на широтах 76—73°, располагается ночной слой E.

На южной стороне в немногие спокойные периоды, когда не было магнитных суббурь, ночной слой E наблюдался в основном на геомагнитных широтах 71—67°. Слой D как днем, так и ночью находился на геомагнитных широтах 73—67°.

Зоны внедрения заряженных частиц различных энергий в полярные шапки, по-видимому, лучше всего

могут определяться наблюдениями с низколетящих полярных спутников. К сожалению, систематические наблюдения подобного рода до сих пор не организованы.

Следует отметить также сообщения о наблюдениях электронов и протонов У. Хейкила (США) на спутнике «ИСИС-1» и Ю. И. Гальперина, В. И. Гладышева и А. К. Кузьмина (СССР) на спутнике «Космос-261».

В. Гесс и М. Трипчель (США) рассказывали о некоторых подробностях эксперимента по обнаружению эффектов инжекции быстрых электронов в ионосферу. Эксперимент проводился в январе 1969 г. над островом Уоллопс. Электроны с энергиями от 1,5 до 10 кэв выбрасывались из ускорителя на высоте 270 км вдоль силовых линий магнитного поля. Высокочувствительные телевизионные камеры позволили сфотографировать светящийся след инжектированных электронов с энергиями около 10 кэв. Этот эксперимент имеет непосредственное отношение к возбуждению полярных сияний электронами, хотя он ставился для того, чтобы выяснить возможность прослеживания силовых линий магнитного поля.

ВНЕЗАПНЫЕ ИОНОСФЕРНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ

Усиление рентгеновского излучения в диапазоне 0—20 А во время солнечных вспышек значительно повышает плотность ионизации в нижней части ионосферы, в слое D, на дневной стороне Земли. В зависимости от интенсивности и жесткости рентгеновского излучения, плотность ионизации на различных высотах может увеличиться в сотни и тысячи раз. Поэтому вспышки сопровождаются рядом эффектов в распространении радиоволн, известных под названием СИД (от начальных букв английских слов «внезапные ионосферные возмущения»).

К эффектам СИД относятся: усиление поглощения космического радионизлучения; ослабление, а иногда

полное прекращение слышимости дальних коротковолновых радиостанций; улучшение условий прохождения длинных радиоволн; фазовые и частотные изменения длинноволновых радиосигналов; кратковременное увеличение магнитного поля и т. п. Различные эффекты СИД связаны с увеличением ионизации на разных высотах. Так, поглощение космического радионизлучения обусловлено увеличением ионизации на высоте 60—100 км; фазовые и частотные аномалии — на высотах, меньших 70 км, и т. д.

Изучая эффекты СИД на разных частотах и на разных радиотрассах, можно определить профиль ионизации в слое D во время вспышки и восстановить по нему спектр рентгеновского излучения вспышки. Многие из выступавших — Р. Барлетти и Г. Тадлифери (Италия), Х. Швентек (ФРГ) и другие — показали, что вычисленные таким способом спектры рентгеновского излучения вспышек достаточно хорошо согласуются со спектрами рентгеновского излучения Солнца, зарегистрированными в это время на спутниках.

По данным Дж. Бельроуза, Р. Банкера и Л. Монтбриана (Канада), усиление ионизации во время вспышек в слое D очень эффективно регистрируется методом частичных отражений коротких радиоволн от ионосферы. Используя несколько частот и большие антенны, можно измерять электронную концентрацию на высотах от 40 до 75 км.

А. П. Митра (Индия) подчеркнул, что до сих пор было проведено только два успешных ракетных зондирования ионосферы во время солнечных вспышек (10 января и 21 августа 1968 г.) Чтобы измерить распределение электронов по высоте ионосферы зондированием ракетами, нужны более точные прогнозы о времени появления вспышки.

ХИМИЯ D И E СЛОЕВ ИОНОСФЕРЫ

Ионизация и фотодиссоциация молекул и атомов атмосферных газов происходит под действием ультра-

фиолетового, рентгеновского и корпускулярного излучений Солнца. В атмосфере появляется большое количество химически активных ионизованных и нейтральных компонент атмосферных газов, которые, соединяясь между собой и с другими газами, определяют наблюдаемый состав атмосферы. Эти реакции сопровождаются выделением некоторого количества тепловой энергии, идущей на нагревание атмосферы. Химические реакции в атмосфере происходят на фоне горизонтальных и вертикальных движений, а также молекулярной и турбулентной диффузии атмосферных газов, что значительно осложняет проблемы химии атмосферы. Не рассматривая подробно эту интересную проблему, усиленно разрабатываемую сейчас в рамках международного сотрудничества по программе Годов активного Солнца, укажем только, что состояние исследований химии D и E слоев ионосферы было подробно изложено в докладах А. Д. Данилова (СССР) и С. Боухил (США).

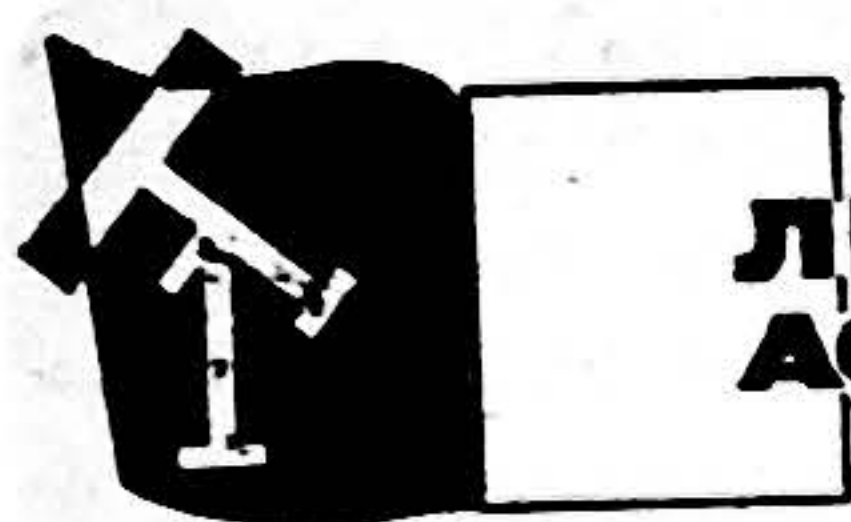
Встреча советских и зарубежных специалистов, работающих в области солнечно-земной физики, судя по отзывам участников симпозиума, была очень успешной и плодотворной.

Обсуждение вопросов не ограничивалось рамками заседаний и, как правило, продолжалось в кулуарах.

Многие ученые оказались впервые в Советском Союзе. Они познакомились с достопримечательностями Ленинграда, Пушкина, Петродворца; посетили музеи и картинные галереи. На мемориальном Пискаревском кладбище участники симпозиума возложили венок у памятника жертвам блокады Ленинграда.

Зарубежные гости с благодарностью отзывались о предупредительности и доброжелательности советских людей.

Н. В. ПУШКОВ
доктор
физико-математических наук



МЕРКУРИЙ НА ДИСКЕ СОЛНЦА

Мы уже рассказывали («Земля и Вселенная» № 6, 1970 г., стр. 72), как специалисты и любители астрономии наблюдали прохождение Меркурия по диску Солнца 9 мая 1970 г. Однако в редакцию продолжают поступать материалы о наблюдении этого астрономического явления. Их прислали В. Н. Ерохин (сельсовет Советский Ейского района Краснодарского края), В. И. Тятюшкин (Саранск), К. А. Лупой (Омск) и другие. Наиболее удачные фотографии прохождения Меркурия по диску Солнца получили юные астрономы Киева. Эти фотографии перед вами.

9 мая 1970 г. в Киевском дворце пионеров и школьников члены астрономических кружков и юношеской секции Киевского отделения ВАГО наблюдали прохождение Меркурия по диску Солнца. Ребятам удалось запечатлеть на фотографиях почти весь путь Меркурия по диску нашего светила.

Фотографировали аппаратом «Зенит-3М», который прикрепили к окуляру 200-миллиметрового телескопа. Телескоп был заднафрагмирован до 70 мм. Между окуляром и фотопленкой «Микрат-200» был установлен нейтральный свето-



Меркурий на диске Солнца. Север —верху, запад —слева

фильтр HC-3. Длительность экспозиций составляла 1/250 и 1/500 секунды. Моменты экспозиций отмечались с точностью 0,5 секунды.

Визуальные наблюдения прохождения Меркурия по диску Солнца

ребята проводили со школьными рефракторами и трубками АТ-1.

М. Л. ДИВИНСКИЙ
Е. П. КАДАКИН
руководители астрономических кружков.

НОВЫЕ КНИГИ

КРАТКО ОБ АСТРОФИЗИКЕ И КОСМОЛОГИИ

Издательство «Знание» в 1970 г. выпустило научно-популярную брошюру «Общая теория относительности в физической картине мира (гравитация, космология, космогония)». Авторы брошюры — профессор Л. Э. Гуревич и кандидат фи-

зико-математических наук А. Д. Чернин — поставили перед собой нелегкую задачу: изложить «самые сложные проблемы так, чтобы дать читателю представление о научной аргументации». Для этого понадобились формулы, графики, порядковые оценки, в которых, впрочем, сумеет разобраться студент или даже любознательный старшеклассник.

Прочитав брошюру, читатель познакомится с основными идеями общей теории относительности, с современными астрофизическими представлениями о структуре Галактики и Метагалактики, с гипотезами о формировании и эволюции звездных систем, с применением общей теории относительности к космологическим проблемам.

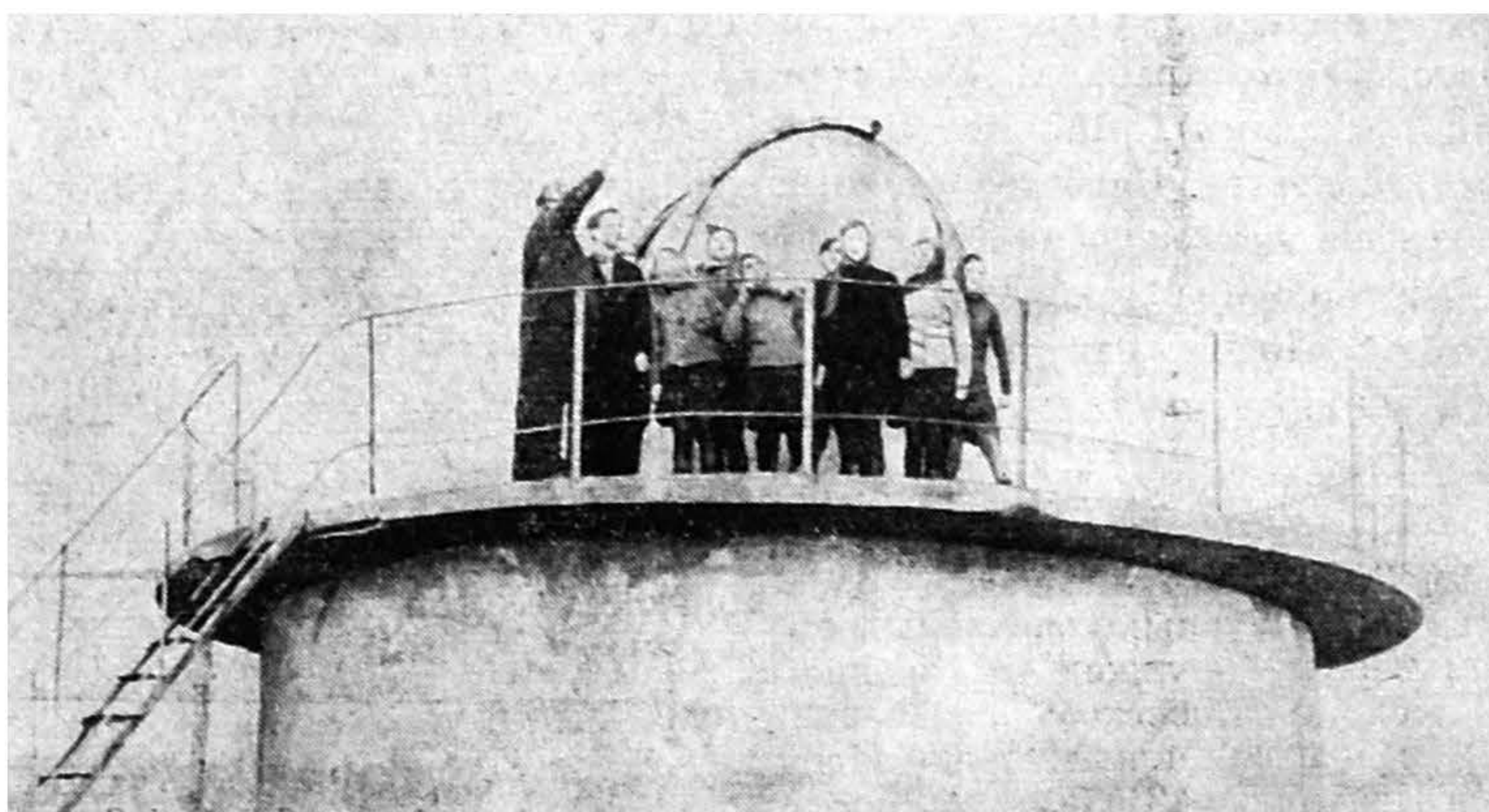
Астрономический кружок Ясеновской средней школы

Астрономический кружок Ясенов-
ской средней школы Бродовского
района Львовской области создан в

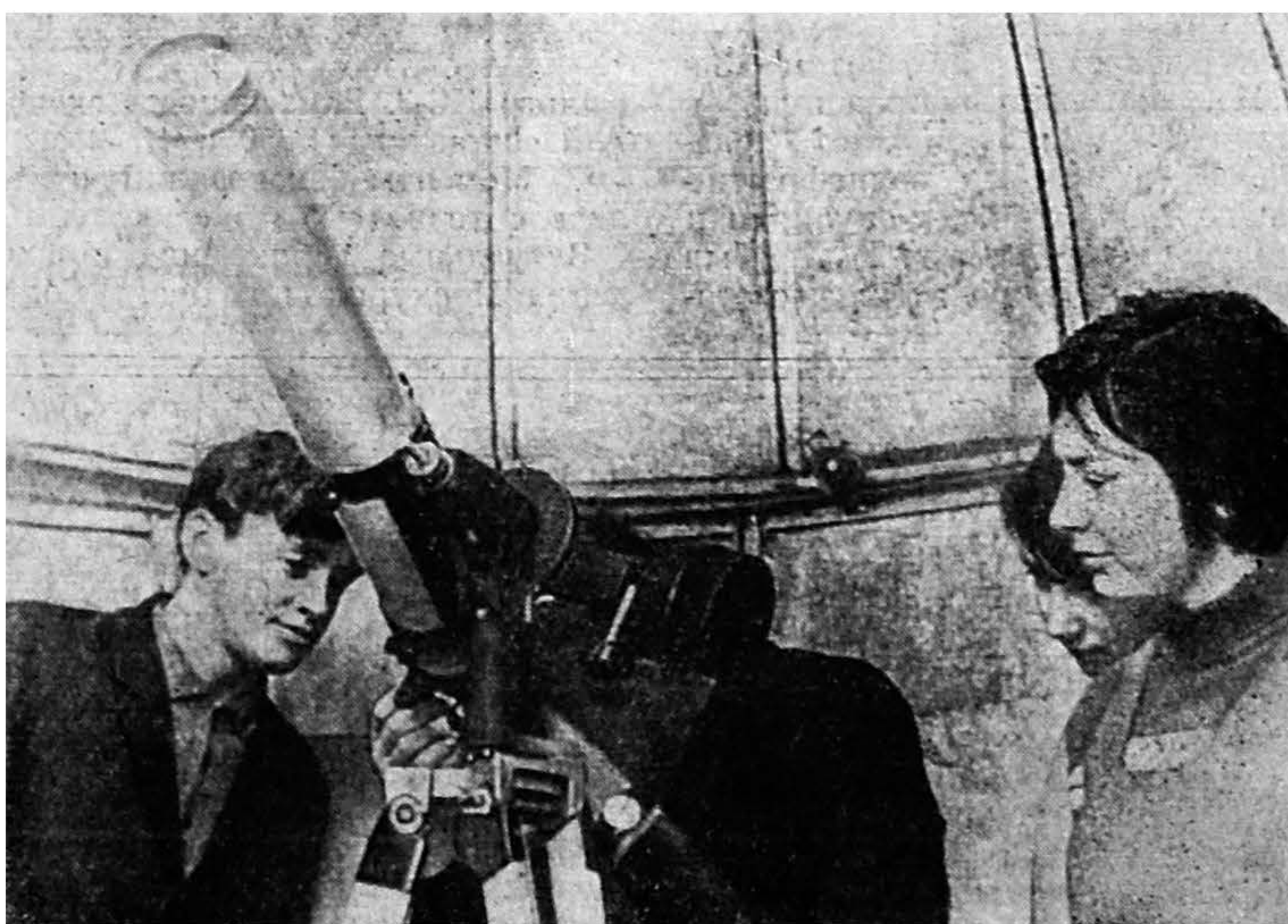
1967 г. Сейчас в кружке 28 учеников
8—10 классов.

Юные астрономы участвовали в

*Юные астрономы Ясеновской сред-
ней школы на смотровой площадке
астрономической обсерватории*



*Члены астрономического кружка у
школьного телескопа*



строительстве и оборудовании школьного планетария и астрономической обсерватории. Они сделали для планетария экран-купол, проекционные приборы, панораму своего села и нарисовали много картин на астрономические темы. Ребята сами построили павильон с раздвижным куполом, где сейчас установлен телескоп, и оборудовали астрогеографическую площадку.

В планетарии кружковцы читают лекции о звездном небе и полетах в космос, о Солнце и Земле, о Луне и нашей солнечной системе. Во время лекций демонстрируются кинофильмы, диафильмы и диапозитивы. Это превращает лекции в интересные и увлекательные рассказы о достижениях современной астрономии.

Школа приобрела три телескопа системы Максутова, пять биноклей, десять подвижных карт звездного неба, армиллярную сферу, теодолит, фотоаппараты. Ребята изучают звездное небо, фотографируют Солнце и Луну, наблюдают фазы Венеры, спутники Юпитера, переменные звезды, метеоры, учатся определять географическую широту и долготу.

Кружковцы поддерживают тесную связь с сотрудниками астрономической обсерватории Львовского государственного университета, кафедры космической геодезии и астрономии Львовского политехнического института, с Львовским отделением ВАГО, с юными астрономами Симферополя и Баку.

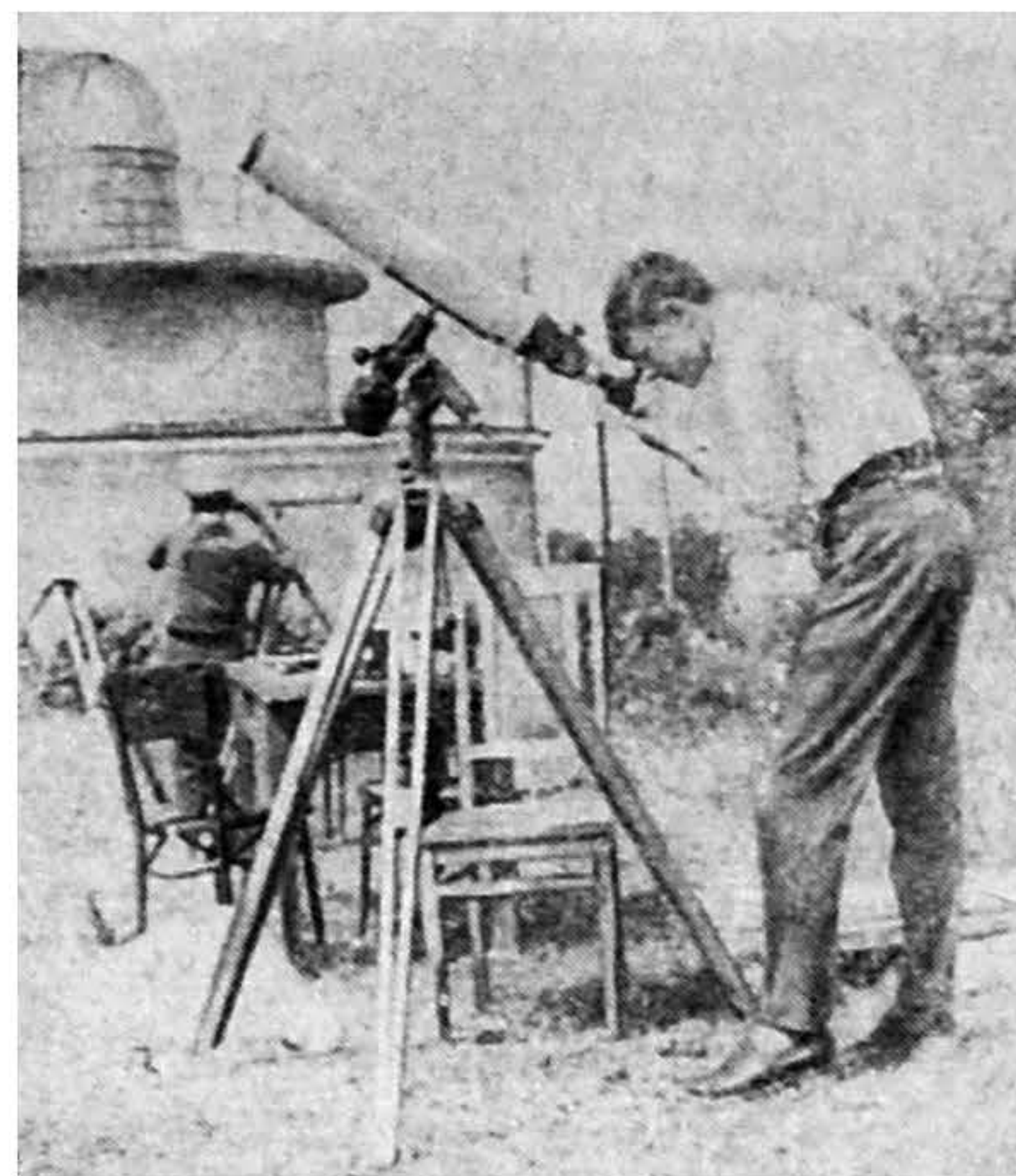
В 1969 г. члены астрономического кружка были участниками Всесоюзного слета юных астрономов в Баку*. Летом 1970 г. в Ясенове состоялся слет юных астрономов Львовской области.

В. А. ЧЕРНЯК
директор Ясеновской средней школы

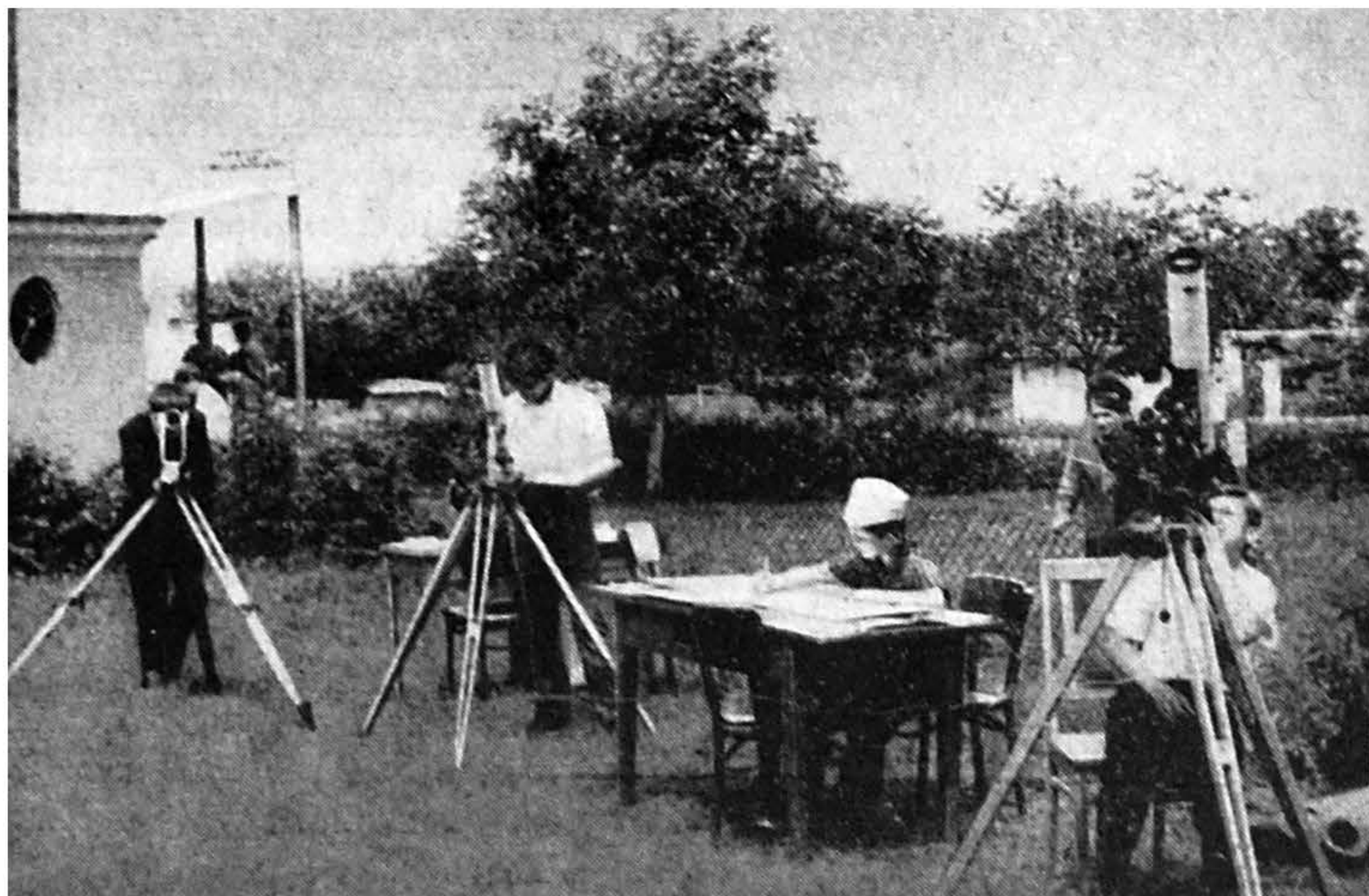
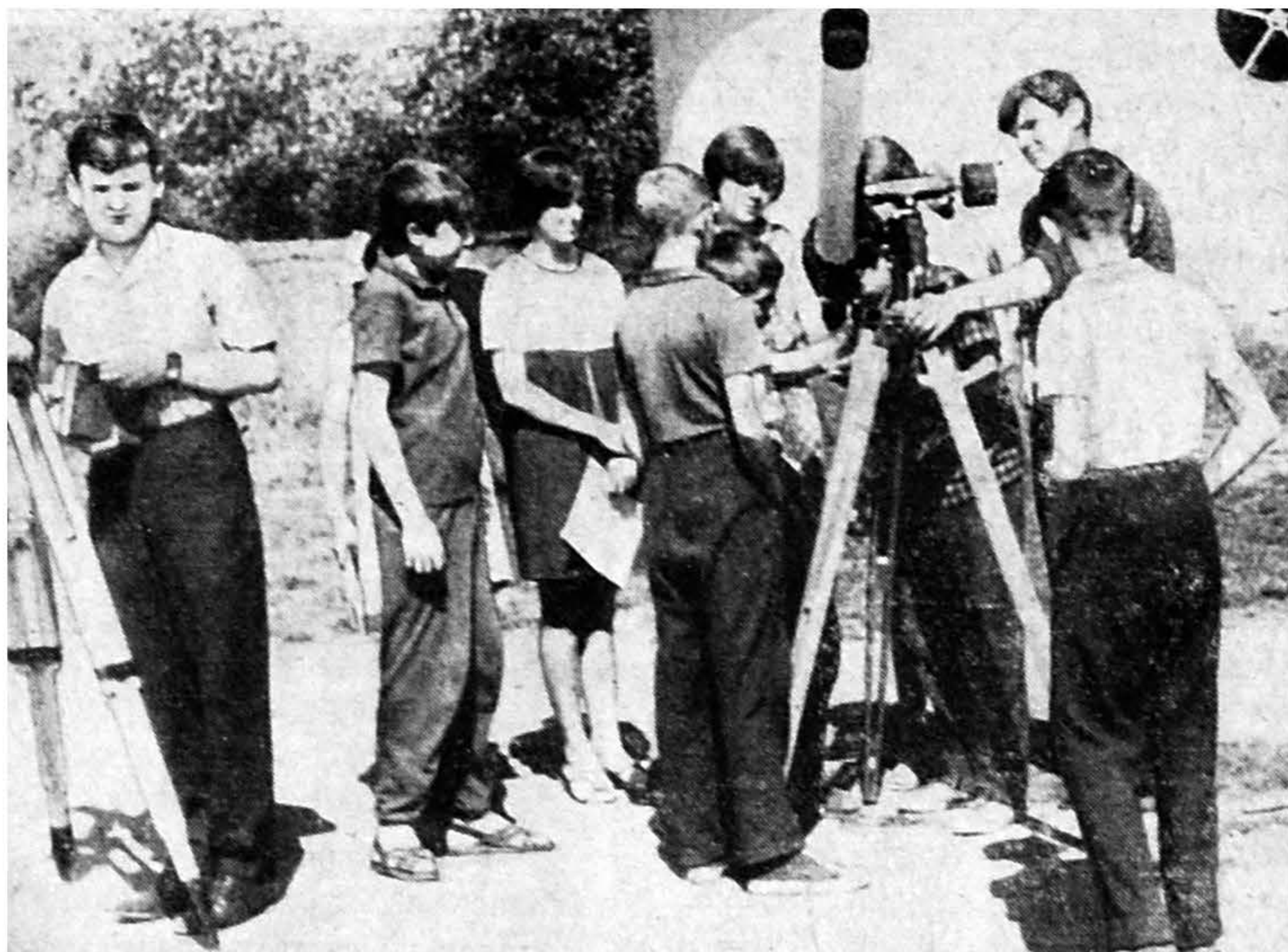
Фото Н. Наумчук

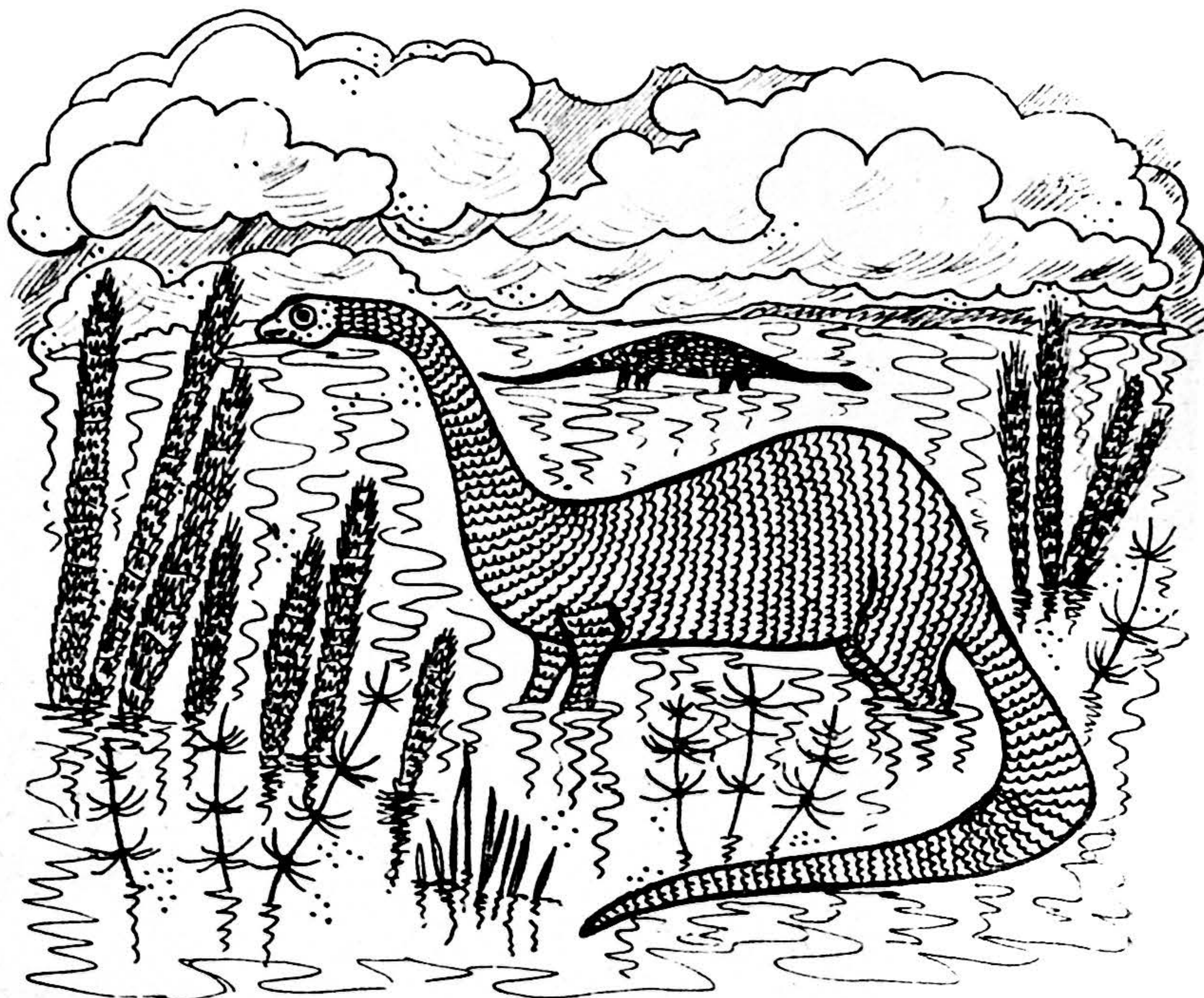
* В. А. Бронштейн. Первый слет юных любителей астрономии. «Земля и Вселенная», № 2, 1970 г. (Прим. ред.)

Василий Гайдук готовит телескоп к наблюдению за Солнцем



Первое знакомство с телескопом. Внизу служба неба, проводившаяся юными астрономами Львовской области на лагерном сборе летом 1970 г.





АРТУР КЛАРК

Стрела времени

Река пересохла, озеро превратилось в болото. Чудовище, спустившись по сухому руслу, стало пробираться по топкой безжизненной равнине. Далеко не везде болото было проходным, но и там, где грунт был тверже, массивные лапы под весом огромной туши увязали более чем на фут. Временами чудовище останавливалось и быстро, по-птичьи поворачивая голову, осматривало равнину. В эти моменты оно еще глубже погружалось в податливую почву... Через 50 млн. лет по его следам люди сумели определить продолжительность этих остановок.

Вода не вернулась, и палящее солнце превратило глину в камень. Затем пустыня укрыла следы защитным слоем песка. И лишь потом — миллионы лет спустя — сюда пришел Человек.

— Как по-твоему, — проревел Бартон, пытаясь перекрыть грохот, — уж не потому ли профессор Фаулер стал палеонтологом, что ему нравится играть с отбойным молотком? Или он только потом пристрастился к этому занятию?

— Не слышу! — крикнул в ответ Дэвис, облачиваясь на лопату с видом заправского землекопа.

— Давай скажем, что пора обедать. Он ведь снимает часы, когда возится с этой штукой.

— Номер не пройдет, — прокричал Бартон, — он давно раскусил нас, и всегда накидывает минут десять. Но попытка — не пытка. Все лучше, чем это чертово ковыряние.

Радостно оживившись, геологи положили лопаты и направились к шифу. Когда они подошли, профессор выключил перфоратор и насту-

пила относительная тишина, нарушаемая только пыхтящим компрессором.

— Пора возвращаться в лагерь, профессор, — сказал Дэвис, небрежно заложив за спину руку с часами, — вы же знаете, как сердится повар, когда мы опаздываем.

Профессор Фаулер безуспешно попытался стереть со лба коричневую грязь. Мало кто из случайных посетителей раскопок мог узнать в этом загорелом мускулистом полуобнаженном рабочем, склонившемся над излюбленным отбойным молотком, члена Королевского и вице-президента Геологического общества.

Почти месяц ушел на то, чтобы удалить песчаник, покрывавший окаменелую поверхность глинистой равнины. Расчищенный участок в несколько сот квадратных футов представлял собой как бы моментальный снимок прошлого, может быть, самый лучший из всех известных палеонтологам. Почти все следы удалось распознать, кроме одного, принадлежавшего существу, не известному науке. Это был гигантский зверь весом в 20 или 30 т, и профессор Фаулер шел по следам пятидесятимиллионнолетней давности с азартом охотника за крупной дичью. Кто знает, может быть ему даже удастся настичь чудовище: в те времена равнина была предательски зыбким болотом, и, может быть, кости неизвестного ящера где-нибудь совсем рядом покоятся в одной из природных ловушек.

Потрепанный экспедиционный джип, трясаясь и подпрыгивая на ухабах скверной дороги, был уже на полпути до лагеря, когда Дэвис заговорил о том, что не давало молодым людям покоя с самого начала.

— Сдается мне, что наши соседи по долине не очень-то нас жалуют, а вот почему? Казалось бы, мы в их дела не вмешиваемся. Могли бы пригласить нас к себе, хотя бы ради приличия.

— А может быть, это и впрямь военная исследовательская лаборатория, — высказал вслух Бартон общее мнение.

— Не думаю, — мягко возразил профессор Фаулер, — видите ли, и

только что получил от них приглашение. Завтра я туда отправлюсь.

Если это сообщение не произвело впечатления разорвавшейся бомбы, то лишь благодаря хорошо налаженной системе «домашнего шпионажа». Несколько секунд Дэвис размышлял над подтверждением своих догадок, а затем, слегка откашлявшись, спросил:

— А что, они никого больше не приглашают?

Намек был настолько прозрачным, что профессор Фаулер улыбнулся.

— Нет. Приглашение адресовано лично мне. Послушайте, ребята, я понимаю, что вы сгораєте от любопытства, но честное слово, я знаю не больше вашего. Если завтра что-либо прояснится, я вам все расскажу. По крайней мере теперь хоть известно, кто заправляет этим хозяйством.

Помощники наострили уши.

— Кто же? — спросил Бартон. — Я полагаю, комиссия по атомной энергии?

— Возможно что и так, — ответил профессор, — во всяком случае, возглавляют предприятие Гендерсон и Барнс.

На этот раз бомба разорвалась с полной силой — Дэвис даже съехал с дороги. Впрочем, принимая во внимание качество дороги, последнее обстоятельство не имело ровно никакого значения.

— Гендерсон и Барнс? В этой богем забытой дыре?

— Вот именно, — весело отозвался профессор, — приглашение исходит от Барнса. Он выражает сожаление, что не имел возможности пригласить меня раньше, и просит заглянуть к ним на часок.

— А он не пишет, чем они занимаются?

— Ни слова.

— Барнс и Гендерсон... — задумчиво проговорил Бартон, — я ничего о них не знаю, разве только то, что они физики. В какой области они подвизаются?

— Они оба крупнейшие специалисты по физике низких температур, — ответил Дэвис. — Гендерсон много лет был директором Кавендишской лаборатории. Недавно он опублико-

вал в «Nature» кучу статей. Все они, если я только правильно припоминаю, касались проблемы гелия II.

Бартон и глазом не повел: он недолюбливал физиков и никогда не упускал случая сказать об этом.

— Не имею ни малейшего представления, что за штука этот гелий II, — самодовольно заявил он, — более того, я совсем не уверен, что горю желанием узнать.

Это был выпад против Дэвиса, который когда-то в минуту слабости, как он сам любил говорить, получил ученую степень физика.

— Гелий II — разновидность жидкого гелия — существует только при температуре на несколько градусов выше абсолютного нуля. Он обладает совершенно удивительными свойствами, однако, это никоим образом не объясняет, почему вдруг два ведущих физика оказались в этом уголке земного шара.

Они въехали в лагерь. Лихо подкатив к стоянке, Дэвис как всегда рывком затормозил машину. Однако на сей раз джип стукнулся о стоящий впереди грузовик сильнее обычного, и Дэвис сокрушенно покачал головой.

— Покрышки совсем износились. Хотел бы я знать, когда пришлют новые?

— Прислали сегодня утром вертолетом вместе с отчаянной запиской от Эндрюса. Он надеется, что тебе их хватит хотя бы на полмесяца.

— Отлично! Сегодня же вечером я их и поставлю.

Профессор Фаулер, шедший впереди, остановился.

— Зря вы так торопились, Джим, — мрачно заметил он, — опять на обед солонина.

Сразу же после приезда в экспедицию профессора Фаулера молодые геологи заинтересовались необычными сооружениями, расположенными в пяти милях от места раскопок. Это была явно какая-то исследовательская лаборатория. Дэвис без труда распознал в высоких башнях атомные силовые установки. Уже одно это обстоятельство красноречиво свидетельствовало о важности

исследований, хотя ничего и не говорило о их цели.

Можно было придумать десятки причин, побудивших двух крупных ученых уединиться в этом глухом месте: чем опаснее исследования в области ядерной физики, тем дальше от цивилизации их проводят. И все же странно, зачем вести эту работу — в чем бы она ни заключалась — в непосредственной близости от крупнейших палеонтологических раскопок? А может, это просто случайное совпадение? Ведь до сих пор физики не проявляли ни малейшего интереса к своим соседям и соотечественникам.

Дэвис старательно расчищал один из гигантских следов, а Бартон заливал жидкой смолой уже расчищенные отпечатки. Работая, они бесознательно прислушивались, не возвестит ли шум мотора о приближении джипа: профессор Фаулер обещал захватить их на обратном пути.

— Как ты думаешь, — вдруг спросил Бартон, — сколько народу у них там работает?

Дэвис выпрямился.

— Судя по размерам здания, человек десять.

— Тогда, должно быть, это не государственный проект, а их личная затея?

— Возможно, хотя им все равно необходима серьезная финансовая поддержка. Впрочем, при такой научной репутации, как у Гендерсона и Барнса, получить ее не составляет труда.

— Везет этим физикам, — позавидовал Бартон. — Стоит им только убедить какое-нибудь военное ведомство, что они вот-вот изобретут новое оружие, как им сразу же отваливают пару миллиончиков, — произнес он с горечью.

Шум мотора прервал их беседу, и они побежали навстречу профессору.

— Ну как? — хором прокричали они.

Профессор Фаулер задумчиво посмотрел на них. Лицо его хранило абсолютную непроницаемость.

— Удачный был денек? — спросил он наконец.

— Имейте совесть, шеф! — запротестовал Дэвис, — выкладывайте начистоту, что вам удалось разузнать.

Профессор выбрался из машины и почистил рукой костюм.

— Простите меня, коллеги, — смущенно произнес он, — я ничего не могу сказать вам, равным счетом ничего.

Раздались вопли протеста, но профессор был непреклонен.

— Я провел очень интересный день, но дал слово молчать. Не могу сказать, что я понял толком, чем они занимаются, только знаю, что это — целая революция в науке. А теперь еще один вопрос — и вам придется топать в лагерь пешком.

Доктор Гендерсон прибыл на раскопки после полудня. Это был полный, немолодой мужчина, одетый несколько необычно. Единственную видимую часть его туалета составлял ослепительно белый лабораторный халат. Впрочем, в жарком климате этот эксцентричный наряд обладал несомненным достоинством.

Поначалу геологи разговаривали с Гендерсоном вежливо-холодным тоном: они были обижены и не скрывали своих чувств. Но Гендерсон расспрашивал их с таким неподдельным интересом, что вскоре все оттаяло.

Картины давно минувших эпох произвели на физика глубокое впечатление. Битый час молодые люди водили его по котловану, рассказывая о существах, оставивших здесь свои следы, и строя предположения о будущих находках. В сторону от котлована отходила широкая траншея: заинтересовавшись следами чудовища, профессор Фаулер приостановил все другие работы. Затем траншея прерывалась: экономя время, профессор копал вдоль линии следов отдельные ямы. Но последний шурф оказался пустым. Стали рыть кругом и выяснили, что гигантский ящер свернул в сторону.

— Тут-то и начинается самое интересное, — рассказывал Бартон несколько ошеломленному физика, —

помните то место, где ящер останавливался и, видимо, оглядывался кругом? Так вот, похоже, он высмотрел что-то и пустился бегом в новом направлении; об этом можно судить по расстоянию между следами.

Но Дэвис был настроен менее оптимистично:

— Ни за кем он не гнался, просто жена позвала его домой. Наша работа на редкость неблагоприятная: кажется, ты вот-вот на пороге открытия, и вдруг все идет насмарку. То пласт оказывается размытым, то все покорежено землетрясением, или — что совсем уж обидно — какой-нибудь идиот, сам того не подозревая, расколошматит вдребезги ценнейшую находку.

— Могу вам только посочувствовать, — кивнул Гендерсон, — физику легче. Он знает, что если ответ существует, то раньше или позже он его найдет.

Он сделал многозначительную паузу и заговорил, тщательно взвешивая каждое слово:

— Было бы куда проще, неправда ли, если бы вы могли увидеть прошлое своими глазами, а не восстанавливать его шаг за шагом при помощи кропотливых и неточных методов. За два месяца вы прошли по этим следам ярдов сто, и все же они могут завести вас в тупик.

Последовало длительное молчание.

— Вполне естественно, доктор, что нас очень интересуют ваши исследования, — задумчиво проговорил Бартон, — а поскольку профессор Фаулер отмалчивается, мы стали строить самые невероятные догадки. Не хотите ли вы этим сказать, что...

— Не ловите меня на слове, — торопливо прервал его физик, — просто я грезил наяву. Что же касается наших исследований, то они еще очень далеки от завершения. Держу пари, что если бы сюда явились палеонтологи, то профессор Фаулер гонялся бы за ними с киркой в руках.

— Вот и проиграете, — улыбнулся Дэвис, — скорее всего, он запряг бы их в работу! Но я вполне разделяю эту точку зрения, сэр. Будем надеяться, что ждать придется не так уж долго.

Этой ночью свет в палатке геологов горел позднее обычного. Бартон не скрывал своих сомнений, но Дэвис уже успел построить на основе нескольких замечаний Гендерсона целую замысловатую теорию.

— Ведь это все объясняет. И прежде всего, — почему они выбрали именно это место. Иначе их пребывание поблизости от нас просто бессмысленно. Мы знаем здесь уровень почвы за последнюю сотню миллионов лет с точностью до дюйма и можем датировать любое событие с ошибкой меньше одного процента.

— Ты что, действительно считаешь, что возможно — пусть хотя бы только теоретически — построить машину, способную видеть прошлое?

— Лично я даже не могу себе представить принцип ее действия. Но я не рискну утверждать, что это невозможно.

— Гм. Я бы предпочел более убедительный довод. Послушай, а нельзя ли проверить твои догадки? Как насчет тех статей в «Nature»?

— Я уже послал заказ в библиотеку колледжа. Мы получим их в конце недели. В работе ученого всегда существует определенная преемственность: может быть, статьи нам что-либо подскажут.

Но статьи лишь усилили их недоумение. Дэвис не ошибся: почти все они касались необычных свойств гелия II.

— Это совершенно фантастическое вещество, — говорил Дэвис, — если бы жидкости вели себя так при обычной температуре, мир бы перевернулся вверх тормашками. Начнем с того, что его вязкость почти равна нулю. Сэр Джордж Дарвин однажды сказал, что если бы океан состоял из гелия II, то кораблям не понадобились бы ни паруса, ни машины. Достаточно было бы оттолкнуть корабль от берега, а на другом берегу подставить что-нибудь мягкое. Вот только одна загвоздка: в самом начале пути гелий потек бы через борт вверх по обшивке, и буль, буль, буль, посудина затонула...

— Очень забавно, — заметил Бартон, — но при чем тут твоя драгоценная гипотеза?

— Песка ни при чем, — признался Дэвис, — но послушай, дальше — больше. Два потока гелия II могут течь сквозь одну и ту же трубу одновременно в противоположных направлениях: один поток как бы проходит сквозь другой.

— Это уже выше моего понимания. Все равно, как если бы я бросил камень одновременно вперед и назад. Держу пари, что объяснение этой штуки не обошлось без теории относительности.

Дэвис продолжал внимательно читать статью.

— Объяснение очень сложное, и я не буду притворяться, что понимаю его целиком. Оно основано на предположении, что жидкий гелий в определенных условиях может обладать отрицательной энтропией.

— Мне это ни о чем не говорит, и я положительную энтропию никогда не мог уразуметь.

— Энтропия — это мера распределения тепла во Вселенной. В самом начале, когда вся энергия была сконцентрирована в звездах, энтропия была минимальной. Когда во всем мире установится одинаковая температура, энтропия достигнет максимума и Вселенная будет мертва. В мире будет полно энергии, но ее не удастся использовать.

— Это еще почему?

— По той причине, по какой вся вода в спокойном океане не способна привести в движение турбины гидроэлектростанции, а крохотное горное озерцо успешно с этим справляется. Необходима разность уровней.

— Теперь понял. Я даже припоминаю, что кто-то назвал энтропию «стрелой времени».

— Верно, это сказал Эддингтон. Дело в том, что любые часы, ну хотя бы маятниковые, можно заставить идти вспять. А энтропия — это улица с односторонним движением; с течением времени энтропия может только увеличиваться. Отсюда и выражение «стрела времени».

— Но тогда отрицательная энтропия...

С минуту геологи молча смотрели друг на друга. Затем приглушенным голосом Бартон спросил:

— А что об этом пишет Гендерсон?

— Вот фраза из его последней статьи: «Открытие отрицательной энтропии приводит к совершенно новым революционным представлениям и в корне меняет привычную картину мира. Этот вопрос будет подробно рассмотрен в следующей статье».

— И что же?

— В том-то и дело, что следующей статьи не было.

— Отрицательная энтропия, отрицательное время... — размышлял Бартон, — звучит невероятно, и все-таки может быть и впрямь существует теоретическая возможность заглянуть в прошлое?

— Придумал! — воскликнул Дэвис. — Выложим все это завтра профессору и посмотрим, как он будет реагировать. А сейчас, пока у меня еще не началось умопомрачение, я иду спать.

Волнующая загадка настолько овладела Дэвисом и Бартоном, что они совершенно потеряли интерес к работе. Подумать только, что можно будет заглянуть в прошлое, покрутить в обратном порядке всю историю Земли, раскрыть великие загадки минувшего, увидеть зарождение жизни и проследить весь ход эволюции от амебы до человека! Нет, это слишком прекрасно, чтобы в это можно было поверить! Придя к такому выводу, они возвращались к скребку и лопате, но не прошло и получаса, как снова мелькала надежда: а вдруг? И все повторялось сначала.

Из второй поездки профессор возвратился потрясенный и задумчивый. Единственное, что им удалось из него вытянуть — это заявление, что Гендерсон выслушал выдвинутую ими теорию и похвалил их способности к дедукции.

Каждый день они продвигались по следам чудовища на несколько ярдов. Судя по характеру следов, ящер мчался огромными прыжками и, казалось, должен был вот-вот настичь свою жертву. Еще несколько

дней, и они раскроют сохранившиеся свидетельства трагедии, совершившейся в этих местах 50 млн. лет назад. Однако теперь это не имело никакого значения: из намеков профессора они заключили, что решающего эксперимента следует ждать со дня на день. Денек-другой, пообещал им профессор, и, если все пойдет хорошо, их ожиданию наступит конец.

В то утро Гендерсон заехал за профессором Фаулером, но как назло около раскопок его машина сломалась. Впрочем, неудачниками оказались Дэвис и Бартон, поскольку профессор решил отвезти Гендерсона в джипе, предоставив геологам возможность прогуляться в обед до лагеря и обратно пешком. Они были готовы примириться со своей участью, если только их ожидание и в самом деле, как им намекнули, близилось к концу.

Фаулер и Гендерсон сидели в джипе, а геологи стояли рядом. Прощание было натянутым и неловким, казалось, все читали чужие мысли. Наконец Бартон заговорил с присущей ему прямоотой:

— Что же, док, поскольку сегодня решающий день, позвольте пожелать вам удачи. Надеюсь получить от вас фотографию бронтозавра на память.

Гендерсон настолько уже привык к подобным подкалываниям, что почти не обращал на них внимания. Он улыбнулся без особой, впрочем, радости и заметил:

— Ничего не обещаю. Мы еще можем здорово сесть в лужу.

Дэвис машинально проверил носком ботинка, хорошо ли накачаны шины. Он обратил внимание, что покрышки были новые, со странным зигзагообразным рисунком.

— В любом случае мы ждем, что вы нам все расскажете. А не то однажды ночью мы вломимся к вам и раскроем, чем вы там занимаетесь.

— Если вы сумеете разобраться в нашем хаосе, — рассмеялся Гендерсон, — то вы — гении. Но если и в самом деле все пойдет хорошо, то вечером мы устроим маленькое торжество.

— Когда вас ждать обратно, шеф?

— Около четырех. Не хочется заставлять вас шагать пешком еще и к ужину.

— Ладно. Ни пуха, ни пера!

Автомобиль скрылся в облаке пыли, оставив у обочины траншеи двух молодых людей, задумчиво глядевших ему вслед.

— Если мы хотим быстрее провести время, — пожал плечами Бартон, — надо приналечь на работу. Пошли.

К концу дня они установили рекорд по раскопке траншеи. Грунт стал мягче, и Бартон продвигался настолько быстро, что далеко опередил Дэвиса. Поглощенные работой, они забыли обо всем на свете, и только чувство голода вернуло их к действительности. Дэвис первым заметил, что уже поздно, и направился к другу.

— Уже половина пятого, — сказал он, когда утих грохот, — шеф опаздывает. Я ему не прощу, если он

отправится ужинать вместо того, чтобы заехать за нами.

— Подождем еще полчаса, — сказал Бартон, — я догадываюсь, что его задержало. У них перегорела пробка, и эти физики никак не могут ее починить.

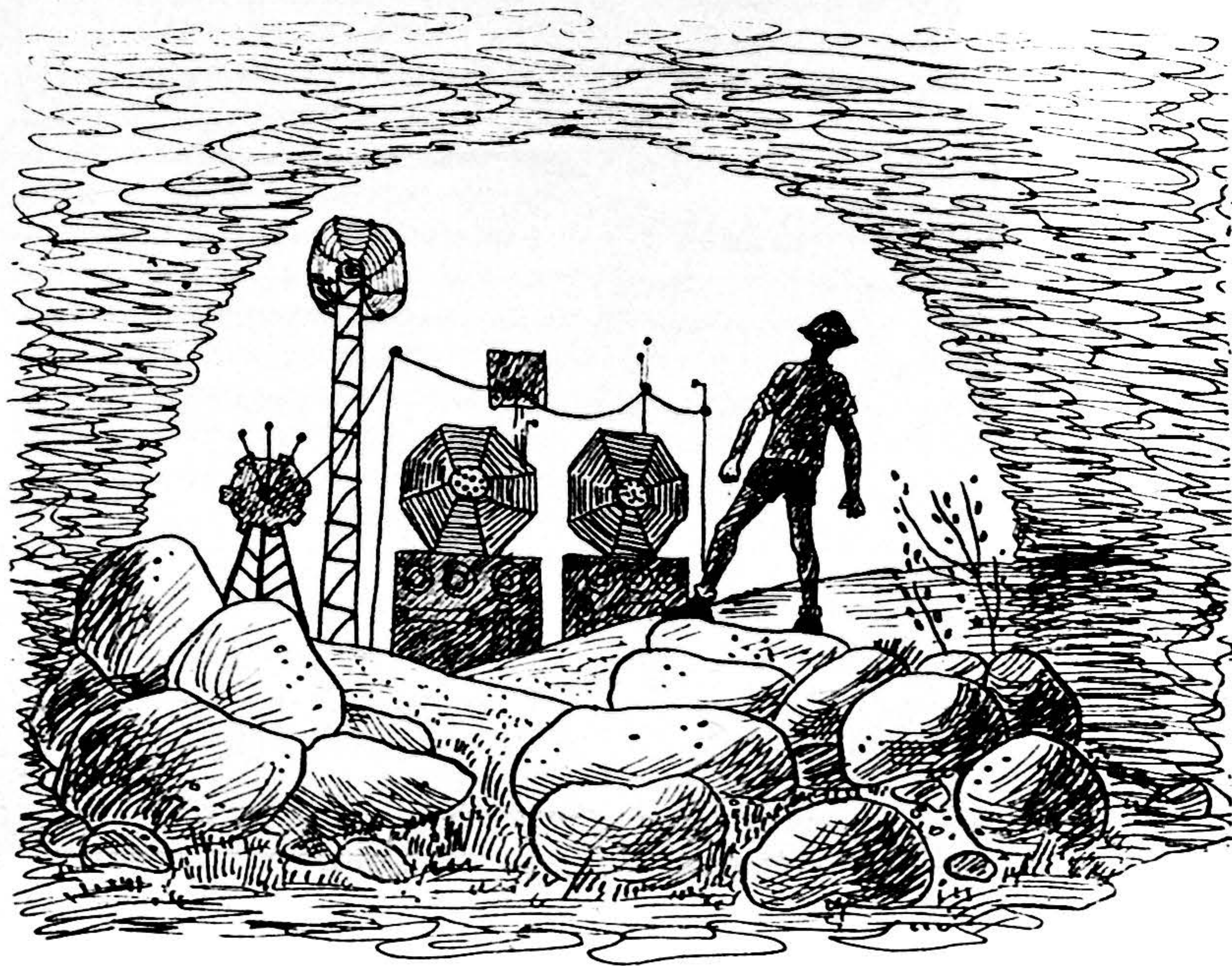
Но Дэвис не унимался.

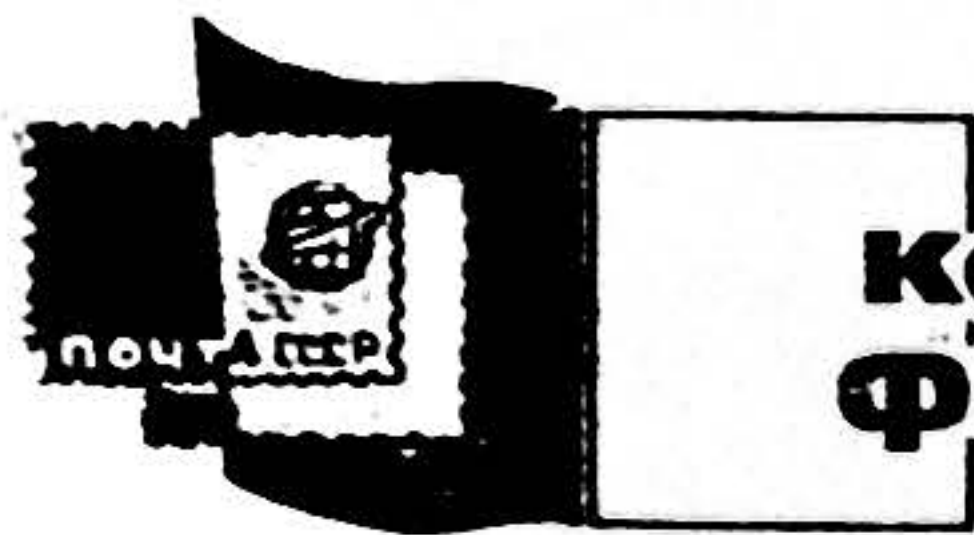
— Черт возьми, неужели нам снова придется идти в лагерь пешком. Поднимусь-ка я на холм и взгляну, не сдет ли профессор.

С невысокого холма хорошо просматривалась вся долина, и башни-близнецы лаборатории Гендерсона — Барнса четко выделялись на фоне унылого пейзажа. Ни одно облачко пыли не выдавало движущейся машины: профессор Фаулер еще не выехал домой.

Дэвис негодуя фыркнул. Он решил, что ждать бессмысленно, и начал спускаться по склону, как вдруг что-то привлекло его внимание и он еще раз оглядел долину.

Над обеими башнями — единственной видимой ему частью лаборатории — плыло жаркое марево. Он понимал, что башни должны быть горячими, но уж никак не





Советская космическая филателия

Днем рождения советской космической филателии, очень популярного направления коллекционирования марок, следует считать 5 ноября 1957 г., когда поступила в почтовое обращение марка серии «Первый в мире советский искусственный спутник Земли». Вторая марка, отличающаяся только цветом, издана Министерством связи СССР 28 декабря 1957 г. Эти две марки, ставшие классикой космической филателии, примечательны своей строгой и точной документальностью. На них изображен земной шар, воспроизведена эллип-

тическая орбита спутника с перигеем над северным полушарием и апогеем под южным, дается четкое представление о направлении запуска и движения спутника, что видно по ориентации его стержневых антенн.

Однако филателисты включают в свои «космические» коллекции некоторые марки, появившиеся задолго до начала космической эры и, на первый взгляд, не имеющие отношения к космонавтике. Мы имеем в виду марки, выпущенные в ознаменование полетов стратостатов «СССР-1» (в 1933 г.) и

«ОСОАВИАХИМ-1» (в 1934 г.). Коллекционеры руководствуются тем, что стратонавты 30-х годов создавали предысторию современных исследований, осуществляемых посредством геофизических ракет, а это вполне правомерно.

Периодичность появления марок, отображающих историю развития собственно космонавтики, определялась космическими запусками. Ни одно космическое событие не оставалось не отмеченным советской почтой. Советская космическая коллекция (на июль 1970 г.) насчитывает 214 марок и блоков, около

раскаленными. Вглядевшись, он обнаружил, что марево имеет форму полусферы диаметром около четверти мили. Неожиданно оно взорвалось. Не было ни ослепительной вспышки, ни пламени — только рябь пробежала по небу и растаяла. Марево исчезло, а вместе с ним исчезли и две высокие башни атомной электростанции.

Чувствуя как ноги у него стали ватными, Дэвис бросился на землю и раскрыл рот в ожидании взрывной волны. Сердце сжалось от предчувствия беды.

Звук взрыва не был впечатляющим: лишь протяжное глухое шипение прокатилось и замерло в спокойном воздухе. До затуманенного сознания Дэвиса только сейчас дошло, что грохот отбойного молотка утих: должно быть, взрыв был громче, раз и Бартон тоже услышал его.

Полная тишина. В выжженной солнцем долине не было заметно

ни малейшего движения. Дэвис подождал, пока к нему вернулись силы, и, спотыкаясь, побежал вниз.

Бартон, закрыв лицо руками, сидел на дне траншеи. Когда подошел Дэвис, он поднял голову. Дэвиса испугало выражение его глаз.

— Значит и ты слышал, — проговорил Дэвис, — по-моему вся лаборатория взлетела на воздух. Пошли, надо торопиться.

— Что слышал? — тупо спросил Бартон.

Дэвис изумленно уставился на друга. Затем он понял, что Бартон и не мог что-либо слышать: грохот отбойного молотка должен был заглушить все посторонние звуки. Ощущение катастрофы нарастало с каждой секундой.

Бартон поднялся на ноги. Лицо его подергивалось, и Дэвис понял, что он на грани истерики. Однако, когда он заговорил, голос его прозвучал удивительно спокойно.

— Ну и дураки же мы были! —

сказал он. Объясняли Гендерсону, что он строит машину, способную видеть прошлое. Воображаю, как он потешался над нами.

Машинально Дэвис подошел к краю траншеи и взглянул на скалу, на которую впервые за последние 50 млн. лет упали солнечные лучи. Без особого удивления он разглядел на поверхности камня отпечаток покрывки со странным зигзагообразным рисунком, привлечшим сегодня утром его внимание. Отпечаток был неглубоким, словно он был оставлен джином, мчавшимся на предельной скорости.

Должно быть, так оно и было, ибо в одном месте отпечатки шин были перекрыты следами чудовища. Следы были очень глубокими, словно огромный ящер готовился к решительному прыжку на отчаянно удирающую добычу.

Рисунки Т. КОВРИГИНОЙ



140 цельных вещей (художественные маркированные конверты и почтовые карточки) и более 100 специальных штемпелей гашений. Но это еще не все.

Около 40 советских марок составляют раздел «космическая символика», который удачно вписывается в рамки космической филателии. Сюда относятся марки с изображением космических аппаратов, представляющих только элемент общей композиции рисунка, сами марки не посвящены конкретным космическим событиям, а показанные на них аппараты не принадлежат к известным образцам. Такими почтовыми миниатюрами не следует пренебрегать, ибо большинство из них выражают глубокий смысл взаимосвязи между событиями, которые они иллюстрируют, и достижениями в области космических исследований.

В космическую филателию может быть включена и небольшая группа из 10 марок с изображением баллистических ракет.

Должное место на почтовых миниатюрах отведено портретной галерее. На марках представлены все летчики-космонавты, а также ученые (Н. И. Кибальчич, К. Э. Циолковский, Ф. А. Цандер, Ю. В. Кондратьев, С. П. Королев), работавшие в области ракетно-космической техники и теории межпланетных полетов.

Обилие и разнообразие филателистического материала, рассказывающего о космических исследованиях и иллюстрирующего историю советской космонавтики, позволяют изменить методику составления коллекции. Оказывается, вместо подбора марок в порядке хронологии выпуска, гораздо интереснее их коллекционировать с познавательных позиций. Ведь сюжет каждой марки тематически связан с определенной научной программой запуска космических объектов. С этой точки зрения можно рекомендовать схему коллекции, состоящую из следующих разделов: стратосферные полеты и геофизические ракетные исследования; предистория современной космонавтики; исследователи космоса; искусственные спутники Земли; пилотируемые космические корабли; исследование Луны космическими аппаратами; полеты автоматических межпланет-



ных станций; космическая радиосвязь и телевидение; международное сотрудничество в мирном использовании космического пространства; космическая символика. Конечно, это не единственный принцип расположения материала в коллекции. Возможны и другие варианты.

Советские космические марки отличаются информативностью. Так, например, на марках, посвященных запуску автоматических межпланетных станций «Венера-1», «Венера-3», «Венера-5» и «Венера-6» показаны часть планетной системы с Солнцем в центре и орбитами Марса, Земли, Венеры, Меркурия, космические аппараты, посланные к Венере, и вымпелы, впервые доставленные на планету.

К сожалению, на некоторых марках встречаются досадные ошибки и неточности. Запуску автоматической межпланетной станции «Луна-3», сфотографировавшей обратную сторону Луны, посвящено шесть марок; на трех из них допущены ошибки. На марке, изданной 12 октября 1959 г., художник неправильно изобразил положение Земли относительно плоскости траектории полета «Луны-3» в момент запуска ракеты. Если бы в момент запуска ось вращения Земли действительно занимала такое положение, как показано на марке, то встреча межпланетной станции с Луной никогда бы не состоялась (ведь коррекция орбиты программой не предусматривалась). На другой марке, выпущенной 30 апреля 1959 г., — карта невидимого полушария Луны. На карте обозна-

чены семь образований из 18 известных, сфотографированных «Луной-3». Один из объектов значится под названием «Залив Астронавтов». Как известно, такого образования на невидимой стороне Луны не существует. И далее, фотографирование обратной стороны Луны производилось 7 октября 1959 г. на протяжении 40 минут — с 6 часов 30 минут до 7 часов 10 минут по московскому времени. На марке блока, посвященного этому научному экс-

перименту (блок издан в 1964 г.), ошибочно указано, что первый снимок был сделан 6 октября 1959 г.

В целом же советские космические марки — наиболее интересны и наиболее познавательны из нескольких тысяч марок, изданных почтовыми ведомствами почти 90 стран всех континентов. Они составляют обширный арсенал тематического направления современной филателии.

В. А. О Р Л О В

НОВЫЕ КНИГИ

РЕШЕННЫЕ И НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ ПЛАНЕТ

В 1970 г. издательство «Наука» опубликовало книгу профессора Д. Я. Мартынова «Планеты». Автор книги «адресуется к читателю, который не является ни специалистом-астрономом, ни тем, кто делает свои первые шаги в планетной астрономии, но к тому, кто уже в общих чертах знаком с современной суммой знаний о планетах». В книге рассказывается о поверхностях, атмосферах и внутреннем строении планет, а также о важнейших средствах наземного исследования планет (радиолокация, спектроскопия, просвечивание атмосфер планет светом звезд и радиоволнами, посылаемыми космическими аппаратами). В подробной таблице приведены данные о физических характеристиках Меркурия, Венеры, Земли, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна, Плутона и Луны.

«Настоящий очерк, — отмечает Д. Я. Мартынов, — быть может, по-

зволит оценить степень достоверности современных знаний и направит внимание к тем задачам, которые предстоит еще решать в основном средствами наземной астрономии».

СБОРНИК НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ СТАТЕЙ

«Современная астрофизика» — так называется книга академика В. Л. Гинзбурга, выпущенная издательством «Наука» в 1970 г. В основу книги положены статьи по актуальным проблемам астрофизики, с которыми ранее автор выступал в печати. Эти статьи дополнены и изменены в соответствии с последними достижениями науки. Читатели сборника познакомятся и с астрофизикой космических лучей, и с проблемами космологии, и с физикой пульсаров.

Простота и ясность изложения делают книгу доступной старшеклассникам, а глубокое освещение новейших открытий («вот уже в течение четверти века одно астрономическое открытие следует за другим и конца им не видно...») заинтересует многих астрономов, физиков и геофизиков.

С этого номера наш журнал будет публиковать сообщения о сильных землетрясениях на территории СССР и за рубежом.

Для территории Советского Союза в хронику включены и данные об относительно слабых землетрясениях, в особенности, если они произошли в необычных местах. Из землетрясений мира отобраны лишь наиболее сильные ($M > 7-7,5$) или особенно интересные землетрясения. Время начала землетрясения всюду дано по Гриничу; сила (интенсивность) землетрясений — где это не оговорено — указана по международной шкале MSK — 1964 (ей практически эквивалентна шкала Института физики Земли, принятая в СССР в качестве ГОС Та). Энергия землетрясений указывается по условной шкале магнитуд (M), которую иногда — особенно в сообщениях прессы — неправильно называют шкалой баллов Рихтера. Пересчитать магнитуду в энергию можно по формуле:

$$\lg E \text{ (в джоулях)} = 1,5M + 5.$$

Соотношение между магнитудой и интенсивностью землетрясения в эпицентре I_0 зависит от глубины очага h и в среднем выражается формулой:

$$I_0 = 1,5M - 3,5 \lg h + 3.$$

Затухание интенсивности землетрясения с удалением от эпицентра на Δ км в среднем дается формулой:

$$I_0 - I_{\Delta} = 3,5 \lg \sqrt{1 + \frac{\Delta^2}{h^2}}.$$

Эти соотношения позволяют читателю более полно представить картину землетрясения, а в некоторых случаях — самостоятельно определить глубину его очага.

Хроника составлена в лаборатории сильных землетрясений Института физики Земли АН СССР. Используются данные Единой системы сейсмических наблюдений СССР (ЕССН), иностранные сейсмологические бюллетени, информационные карточки Смитсоновского института, а также выверенные по сейсмологическим определениям сообщения информационных агентств и печати.

1969 год

27 октября 08 час. 10 мин. 52 сек.

44° 7 с. ш.; 17° 2 в. д.;

$h = 8-25$ км.; $M = 6,4$.

Югославия, Баня-Лука, основной толчок. Интенсивность в эпицентре 8—9 баллов, в Баня-Луке 8 баллов. Ощущалось на значительной части территории Южной Европы. Землетрясению предшествовал сильный предварительный толчок 26 октября 15 час. 36 мин. 46 сек. $M = 5$; 7 баллов в Баня-Луке. Сильный повторный толчок 31 октября 13 час. 18 мин. 34 сек. $M = 5$, интенсивность 6—7 баллов. Землетрясение вызвало большие разрушения в Баня-Луке и окрестностях: почти половина городского жилого фонда подлежит сносу. Число жертв было небольшим (11 человек), так как рано утром 27 октября население было предупреждено сейсмологом В. Рибари-

чем о возможности новых сильных толчков.

22 ноября 11 час. 09 мин. 35 сек.
57° 8 с. ш.; 163° 8 в. д.; $h = 30$ км.;

$M = 7,7$.

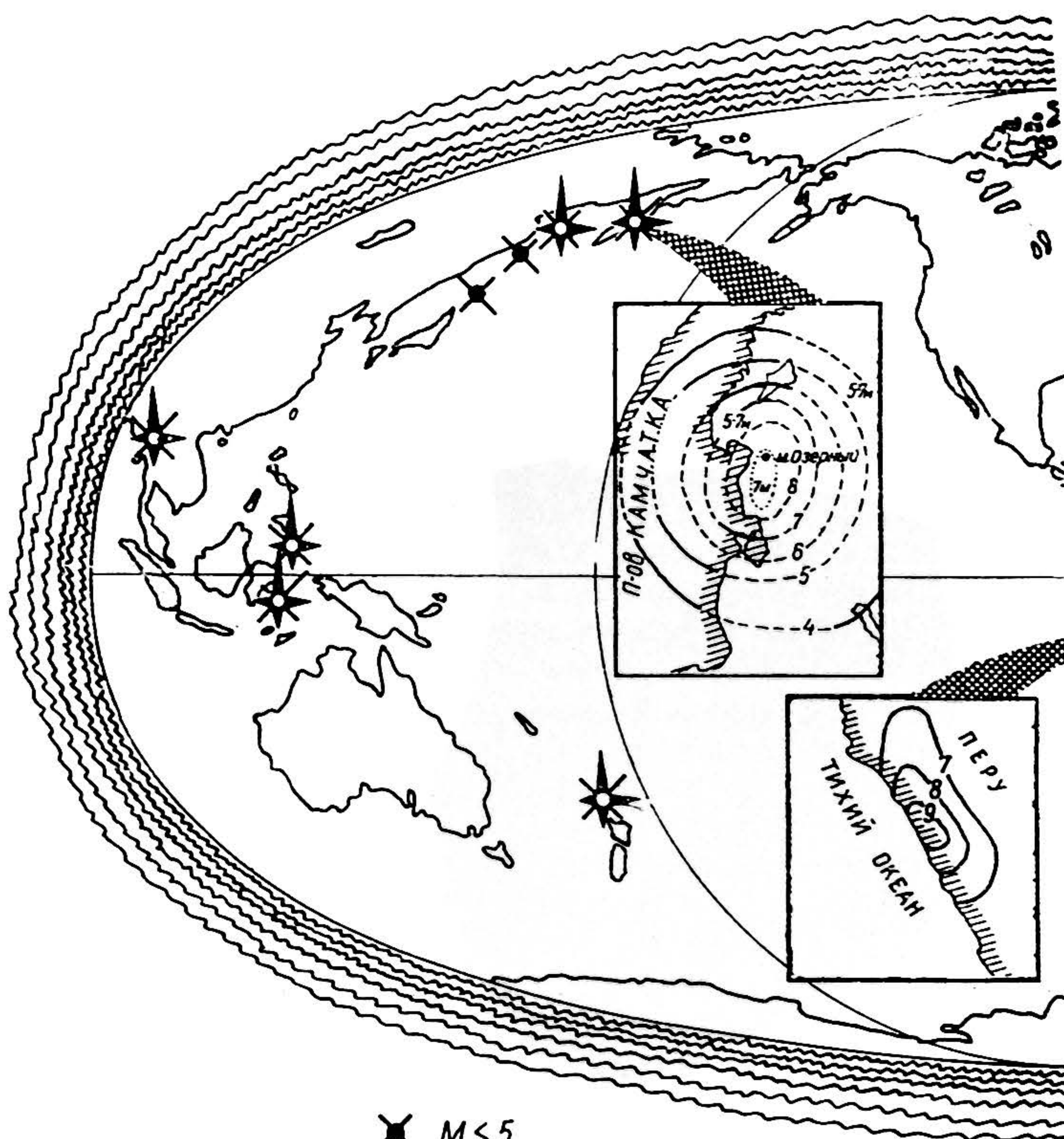
Берингово море, у берегов Камчатки. Ощущалось на побережье с интенсивностью до 8 баллов и вызвало цунами высотой до 10—15 м. Размеры области очага — около 100 км. Это землетрясение, самое сильное на Камчатке с 1959 г., интересно своим положением к северу от сочленения Камчатской и Алеутской сейсмических зон и неожиданным для Берингова моря цунами.

1970 год

4 января 17 час. 00 мин. 37 сек.
24° 1 с. ш.; 102° 7 в. д.; $h = 20$ км.;

$M = 7,5$.

Южный Китай, провинция Юньнань. По сообщению агентства Спнь-



✱ $M < 5$

✱ $M \text{ от } 5 \text{ до } 7$

✱ $M > 7$

хуа, ощущалось в эпицентре (район Куньмина) силой в 7 баллов (явное занижение — по нашей оценке, не менее 9 баллов. *Прим. автора*).

6 января 05 час. 58 мин. 13 сек.
 $M=5,0$.

Сахалин. Ощущалось на территории Смирныховского, Углегорского и Поронайского районов. Интенсивность от 4 до 6—7 баллов. Серьезных повреждений нет.

10 января 12 час. 07 мин. 07 сек.
 $6^{\circ},9$ с. ш.; $126^{\circ},6$ в. д.; $h=45$ км;
 $M=7,5$.

Филиппины, к востоку от острова Минданао. Сопровождалось исключительным по силе и продолжительности роем повторных толчков.

19 января 00 час. 31 мин. 51 сек.
 $41^{\circ},2$ с. ш.; $69^{\circ},1$ в. д.; $h=20$ км;
 $M=4,6$.

Западный Тянь-Шань, 40 км к юго-востоку от Ташкента. Интенсив-

ность в эпицентре 6 баллов, в Ташкенте 4—5 баллов.

20 января 07 час. 19 мин. 45 сек.
 $25^{\circ},9$ ю. ш.; $177^{\circ},5$ з. д.; $M=7,4$.
Тихий океан, желоб Кермадек.

20 января 17 час. 33 мин. 08 сек.
 $42^{\circ},8$ с. ш.; $143^{\circ},0$ в. д.; $h=60$ км;
 $M=6,7$.

Япония, остров Хоккайдо. Эпицентр в районе Хироо, интенсивность в эпицентре 5 баллов, по японской семибалльной шкале (8 баллов — по шкале, принятой в СССР).

28 марта 09 час. 44 мин. 57 сек.
 $52^{\circ},4$ с. ш.; $106^{\circ},0$ в. д.; $M=5,4$.

Район озера Байкал. Ощущалось в Кабанске, Улан-Удэ с интенсивностью 6 баллов; в Иркутске — 5 баллов; Ангарске, Черемхово, Зиме — 4 балла.

28 марта 21 час. 02 мин. 25 сек.
 $39^{\circ},2$ с. ш.; $29^{\circ},3$ в. д.; $h=20$ км;
 $M=7,0$.

Турция, эпицентр в районе Гедиз, где интенсивность достигала 9 баллов и разрушено 90% всех зданий. Около 1100 убитых, 90 000 жителей осталось без крова.

7 апреля 05 час. 34 мин. 04 сек.
 $15^{\circ},8$ с. ш.; $121^{\circ},9$ в. д.; $h=150$ км;
 $M=7,5$.

Филиппины, остров Лусон, 500 км к югу от Манилы. Несмотря на большую глубину очага, землетрясение сопровождалось сильными разрушениями.

29 апреля 14 час. 01 мин. 21 сек.
 $13^{\circ},5$ с. ш.; $92^{\circ},5$ з. д.; $M=7,2$.

У побережья Гватемалы.

14 мая 18 час. 12 мин. 25 сек.
 $43^{\circ},1$ с. ш.; $47^{\circ},1$ в. д.; $M=6,7$.

Дагестан, основной толчок (см. специальные материалы в этом номере).

31 мая 20 час. 23 мин. 31 сек.
 9° ю. ш.; 78° з. д.; $h \approx 30$ км; $M=7,9$.

Тихоокеанское побережье Перу. Интенсивность в эпицентральной зоне 9—10 баллов, площадь 8-балльных сотрясений, по приближенной оценке, около 80 000 км², 6—7-балльных — около 200 000 км². Разрушено 250 населенных пунктов, 150 000 жилых домов, 1,7 млн. человек — без крова (при общем населении Перу 13 млн. человек), около 20 000 погибших и 50 000 пропавших без вести. Общий ущерб свыше 500 млн. долларов. В горных долинах — большие обвалы камня и льда, грязевые потоки, наводнение. Это — одно из самых тяжелых стихийных бедствий в истории Латинской Америки.

5 июня 04 час. 53 мин. 04 сек.
 $42^{\circ},5$ с. ш.; $78^{\circ},8$ в. д.; $h \approx 20$ км;
 $M=6,8$.

Северный Тянь-Шань, эпицентр к востоку от Пржевальска, в пределах 9-балльной сейсмической зоны. Интенсивность в эпицентре 8—9 баллов, в Пржевальске — 6 баллов, во Фрунзе — 3 балла. В эпицентральной зоне разрушено около 5 000 зданий. За 11 минут до основного был предварительный толчок. Люди успели покинуть дома, что предотвратило жертвы.

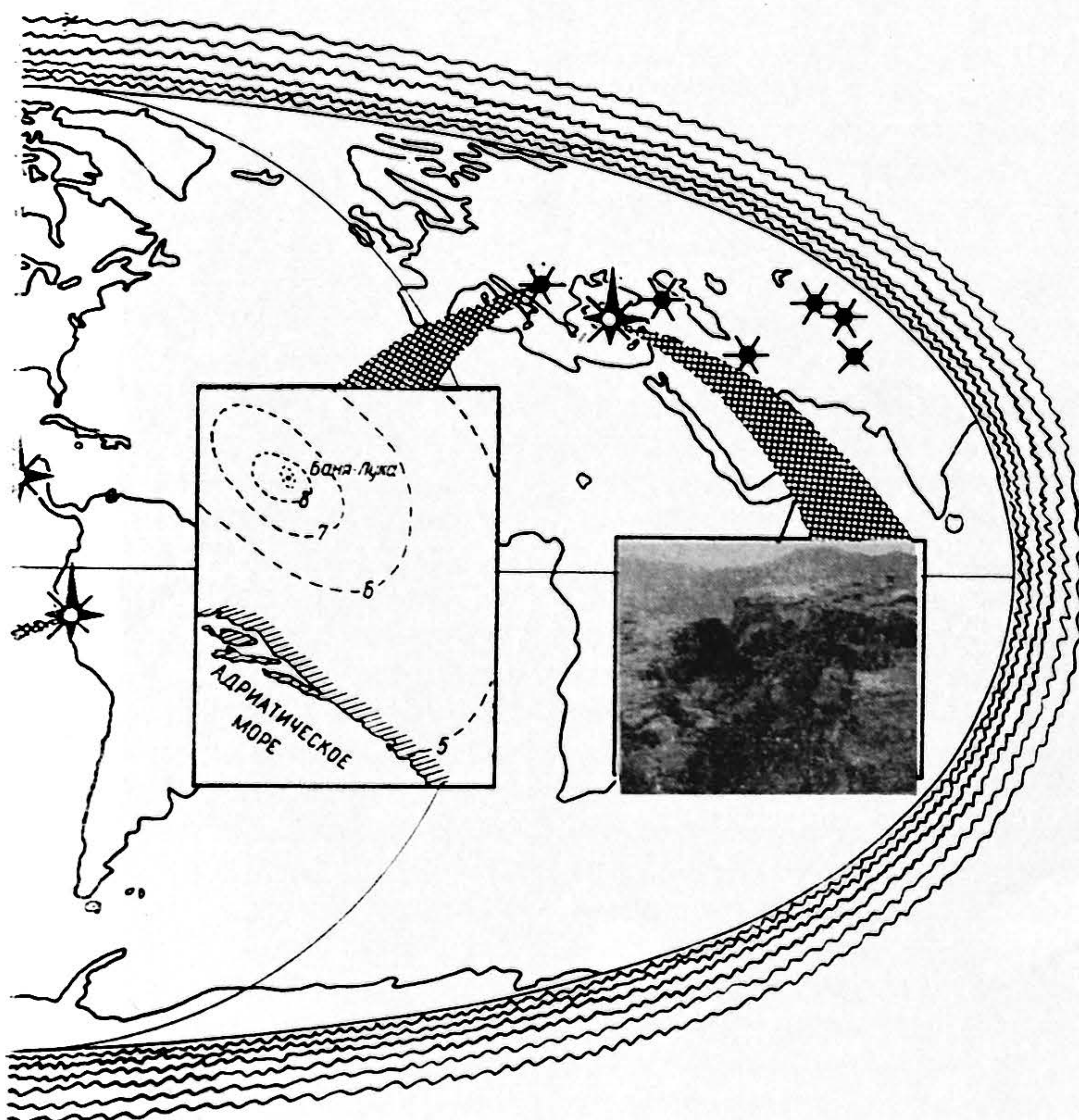
30 июля 00 час. 52 мин. 20 сек.

$37^{\circ},8$ с. ш.; $56^{\circ},0$ в. д.; $M=6,7$.

Северный Иран, 200—250 км к юго-западу от Ашхабада. Интенсивность в эпицентре, по предварительной оценке, 8—9 баллов, разрушено 35 населенных пунктов, 175 убитых, около 500 раненых. В Ашхабаде ощущалось с интенсивностью 5 баллов.

5 сентября 07 час. 54 мин. 25 сек.
 $52^{\circ},2$ с. ш.; 152° в. д.; $h=500$ км;
 $M=7,5$.

Охотское море. Одно из наиболее сильных и наиболее глубоких землетрясений этого района.





СПУТНИКИ — АГРОНОМУ

В настоящее время метеорологические спутники фотографируют любой участок нашей планеты по крайней мере несколько раз в сутки. Но вот беда, — оказывается, даже специалисты в состоянии увидеть на этих фотографиях лишь 40% из того, что на них фактически фиксируется. Правда, удивляться этому не приходится. Ведь мы имеем дело с совершенно новым, неизвестным ранее информативным материалом. А если вспомнить, что вначале мы не могли определить, где верх, а где низ полученного изображения, то эти 40% покажутся достижением. Потребуются еще немалые усилия для досконального изучения спутниковых фотографий. Что касается практического приложения обнаруженной информации, то, к сожалению, и 40% используются нами неполностью: пока не накоплено достаточно сведений об источниках и характере видимых структурных и тональных особенностей объектов на фотографиях.

Между тем фотокамера видит практически все. На телевизионной фотографии с метеорологического спутника фиксируются объекты диаметром больше 1—3 км. Объекты размером около 15 км обнаруживаются специальной спутниковой аппаратурой среди других разнообразных объектов даже в ночное время (благодаря тепловому излу-

чению). Правда, не только размерами объектов обуславливается их обнаружение. Очень важно при этом качество самих приборов, установленных на спутнике.

Планета Земля не очень-то любит позировать перед объективами съемочных камер. Облака постоянно обволакивают около $\frac{2}{3}$ ее поверхности. Поэтому для фотографирования открытых участков земной поверхности приходится использовать просветы среди постоянно перемещающихся облаков. Однако по крайней мере 1 раз через каждые 3—5 дней любой участок попадает в поле зрения фотоглаза спутника, и ни одно более или менее значимое природное явление не ускользает от наблюдателя.

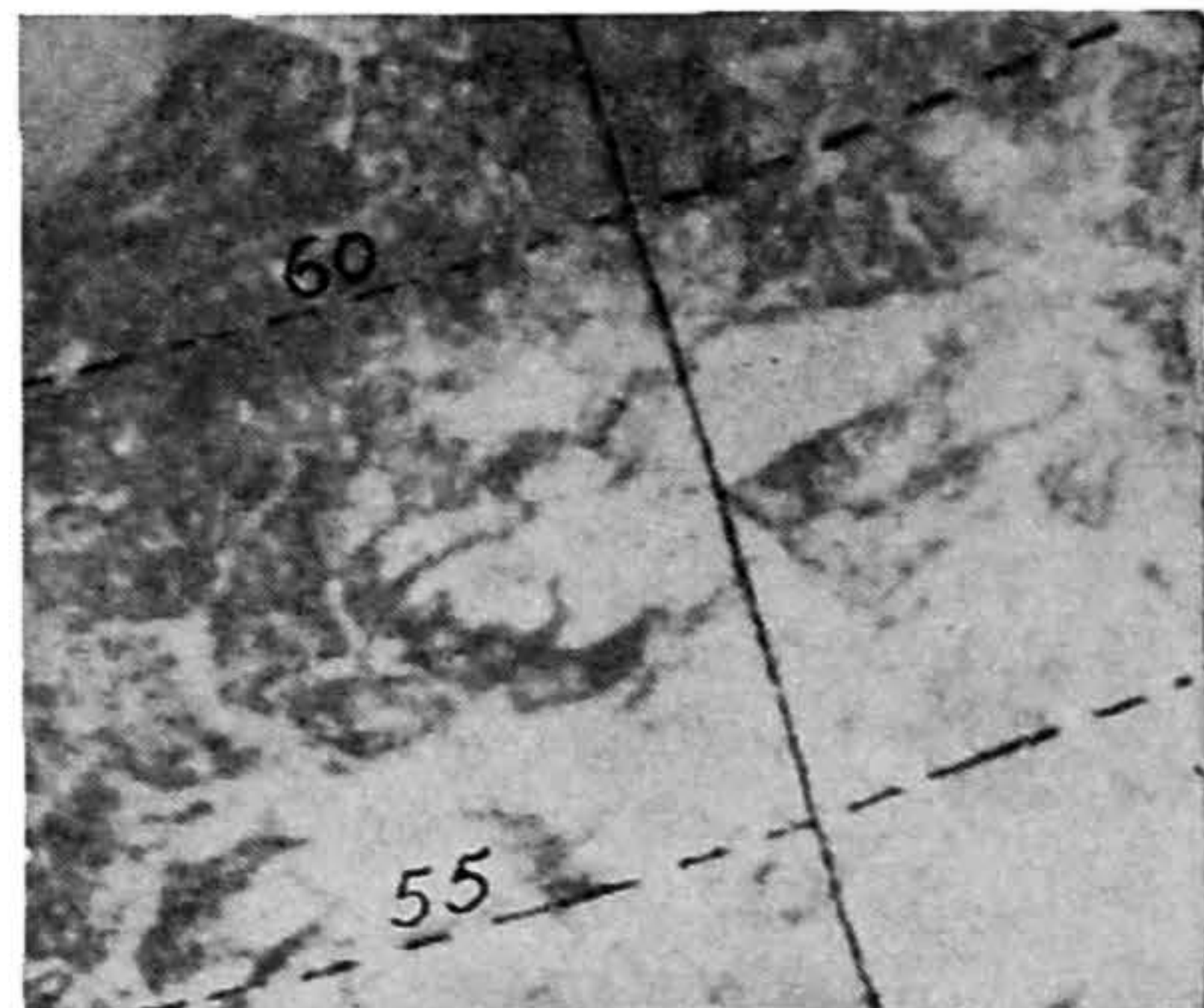
Недобрую память оставила о себе зима 1968/69 г. На Европейской территории Союза она была на редкость суровой: «В период 7—13 февраля ураганные ветры (30—40 м/сек), пыльные бури, снегопады и метели захватили восточную половину Украины, к 10 февраля они распространились на Краснодарский край, Ростовскую и Волгоградскую области, а затем начали наступление на Центральные Черноземные области. Сильные ветры, пыльные бури повредили посевы озимых». За движением этой бури можно было проследить по спутниковым фотографиям.

Зорко следят спутники не только за разрушительными, но и за созидательными процессами на Земле. Наши агрономы, используя спутниковые фотографии, могут увидеть и оценить состояние посевов целых областей.

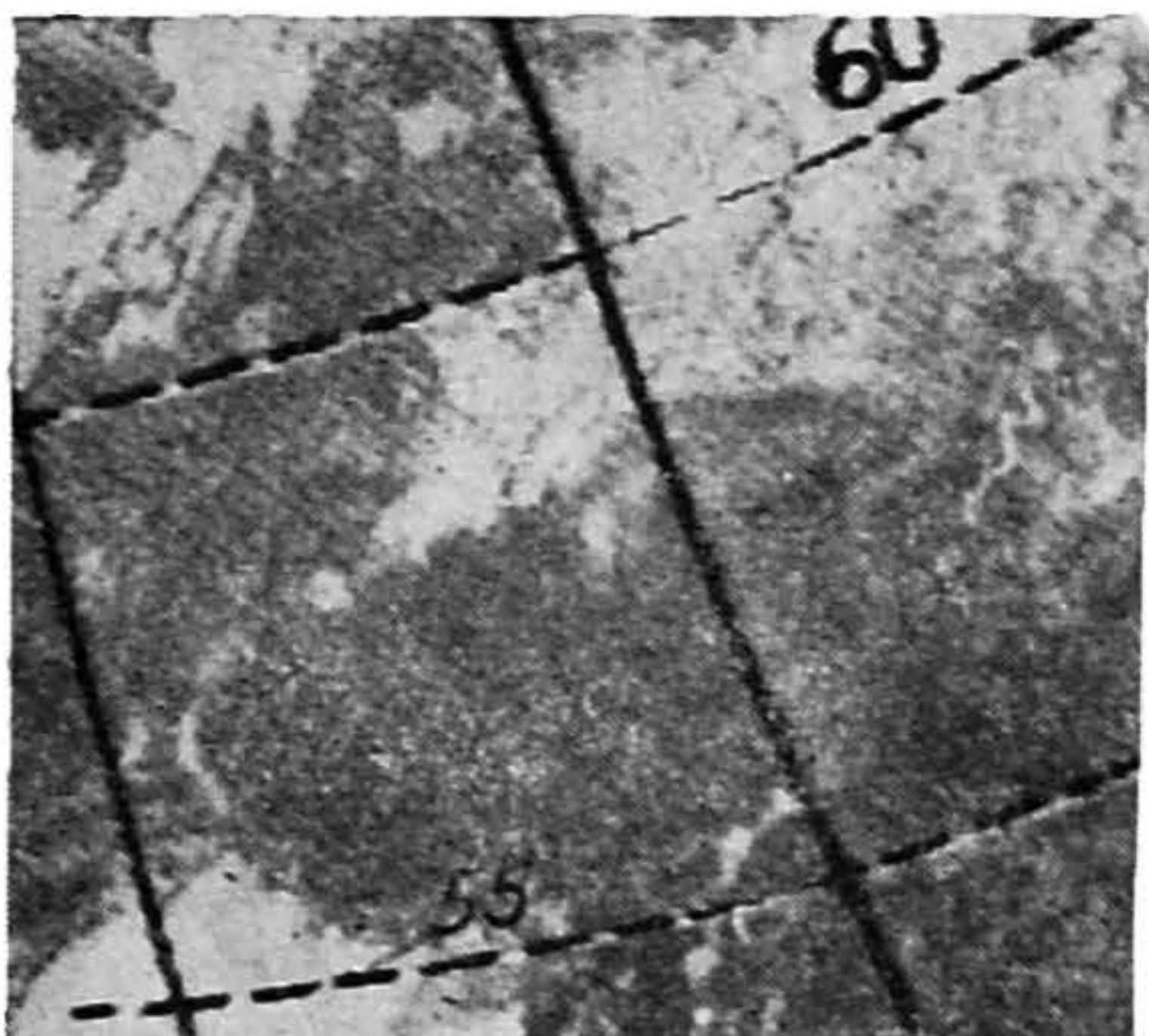
По мере запуска специализированных все более усовершенствованных спутников и, в особенности, после создания постоянно действующей многоцелевой пилотируемой космической обсерватории наши возможности возрастут во сто крат. Но и теперь по фотографиям, получаемым ежедневно с метеорологического спутника, предназначенного, как известно, только для диагноза и прогноза погоды, можно определять время цветения или созревания посевов в том или ином районе.

Вероятно, лет через десять все то, о чем мы здесь пишем, вызовет лишь снисходительную улыбку у читателей. В самом деле, космические исследования развиваются стремительными темпами. В будущем мы будем получать со спутников не только цветные фотографии, но и снимки, сделанные в лучах всей гаммы солнечного спектра. На орбитах будут обращаться специализированные спутники и многоцелевые космические лаборатории. Уже сейчас некоторые спутники в состоянии обнаруживать мелкие

На фотографии, полученной с советского искусственного спутника Земли «Метеор-5», виден характерный контур земного ориентира, напоминающий бабочку. Контур соответствует безлесным пространствам Волго-Вятского экономического района. Этой «бабочке» свойственны повадки тамелеона: в зависимости от сезона она меняет окраску. Естественно, на спутниковых фотографиях ее изображения представлены в разной тональности



Зимой снежный покров на безлесных пространствах подчеркивает абрис «бабочки»



«Снег сошел — метеорологи теряют «бабочку» из виду



В конце весны контуры «бабочки» вновь начинают вырисовываться. Правда, она уже не белоснежная, а серая. Оттенки серого тона указывают на цветение или созревание посевов

детали на земной поверхности. Наступит время, когда такие подробные фотографии можно будет использовать в сельскохозяйственной практике. Постоянно действующая пилотируемая космическая станция позволит выборочно следить за любым явлением на земной поверхности, в водах океанов и толще атмосферы. Пока же нам следует не просто довольствоваться тем, что без труда читается на спутниковых фотографиях, а стараться добыть те 60% «даровой» информации, которые, к сожалению, все еще ускользают от нас.

М. НАЗИРОВ

«История календаря и хронология»

Если Вы хотите знать все, или почти все о календаре, прочтите книгу С. И. Селешникова «История календаря и хронология» под редакцией П. Г. Куликовского («Наука», М., 1970 г.). Ее автор — член комиссии по истории астрономии Астрономического совета АН СССР и член Советского национального объединения историков естествознания и техники.

В предисловии автор называет свою книгу «кратким энциклопедическим справочником по вопросам летосчисления и календаря». И это действительно так. В книге изложены история и теории различных календарных систем, действующих в разных странах в настоящее время и применявшихся в прошлом.

Несовершенство календарных систем делает «календарную проблему»

Публикуемая ниже рецензия на книгу С. И. Селешникова «История календаря и хронология» уже была сдана в набор, когда мы узнали о безвременной кончине Семена Исаковича, последовавшей 11 октября 1970 г. Астрономическая общественность потеряла известного историка астрономии и талантливого популяризатора науки.

актуальной и в наши дни. Поэтому автор знакомит читателя с различными вариантами всемирного календаря и предлагает свой «Стабильный календарь» будущего.

В книге уделено внимание и хронологии, тесно связанной с календарными системами. Особенно ценны таблицы, или правила, для перевода на современное летосчисление дат различных календарных систем. В конце книги автор дает 8 приложений и список литературы из 116 названий. В рекомендованной автором ли-

тературе читатель может найти дополнительный материал по любому вопросу, затронутому в книге.

Талант популяризатора позволил С. И. Селешникову написать интересную и доходчивую книгу об очень сложных и запутанных вопросах летосчисления. Несомненно, книгу С. И. Селешникова с увлечением прочтут любители астрономии, специалисты-астрономы и историки.

П. И. БАКУЛИН
доцент

«География и геология» Марса»

В последние годы очень энергично развиваются исследования Марса. Космическая техника позволила увидеть часть Марса так, как с поверхности Земли мы видим Луну. Естественно, что многие старые представления пришлось существенно изменить и кое от чего отказаться. Число загадок Марса при этом отнюдь не уменьшилось.

Мы еще мало знаем о строении поверхности Марса и его атмосфере, а также процессах, протекающих в недрах планеты. Не ясна природа полярных шапок, хотя по мнению большинства исследователей они состоят из замерзшей двуокиси углерода, возможно, с малой примесью воды. Загадочна природа марсиан-

ских «каналов»: на снимках, сделанных космическими аппаратами вблизи планеты, «каналов», как правило, не видно. Радиолокация Марса, проведенная с Земли, не обнаружила связи между высотой и отражающими свойствами поверхности.

Однако, если верить брошюре Ю. А. Ходака «География и геология» Марса», выпущенной издательством «Знание» в 1970 г., никаких загадок Марса нет. Автор брошюры знает о Марсе все. На Марсе, оказывается, есть снег и лед (стр. 12—18); марсианские каналы — это четко выраженные долины, окаймляющие участки материка (стр. 13); на поверхности планеты выделяется светлый гипсометрически повышен-

ный массив и темные пониженные широтные пояса морей (стр. 19 и др.). Утверждение, что темные области (моря и каналы) — депрессии, а светлые области (материк) — возвышенности, лежит в основе предлагаемой автором стратиграфии Марса.

У читателя возникает только один вопрос: зачем издательство «Знание», призванное популяризировать достижения современной науки, выпустило тиражом в 45 000 экземпляров эту, скромно говоря, дискуссионную брошюру?

Г. А. ЛЕЙКИН
кандидат
физико-математических наук

ОСТОРОЖНО... ГИПОТЕЗЫ!

Среди интересующихся астрономией есть довольно много лиц, чья активность проявляется в... измышлении гипотез и проектов. Излюбленная тематика «гипотезоманов» — происхождение Земли и солнечной системы, закон планетных расстояний. Особенно много гипотез выпало на долю Тунгусского явления.

Зачастую авторы подобного рода сочинений обнаруживают полную неосведомленность в материале, не утруждают себя физическим и математическим обоснованием своих предложений, однако нередко обладают высокими претензиями и самомнением. Они забывают, что никаких открытий нельзя сделать, не достигнув современного уровня знаний.

Редакция публикует выдержки из некоторых писем, поступивших в различные научные организации. Эти письма — пример явно неудачного подхода к научным исследованиям, пример бесполезного и умозрительного гипотезотворчества. О научной квалификации авторов гипотез красноречиво свидетельствует стиль писем, бережно сохраненный редакцией.



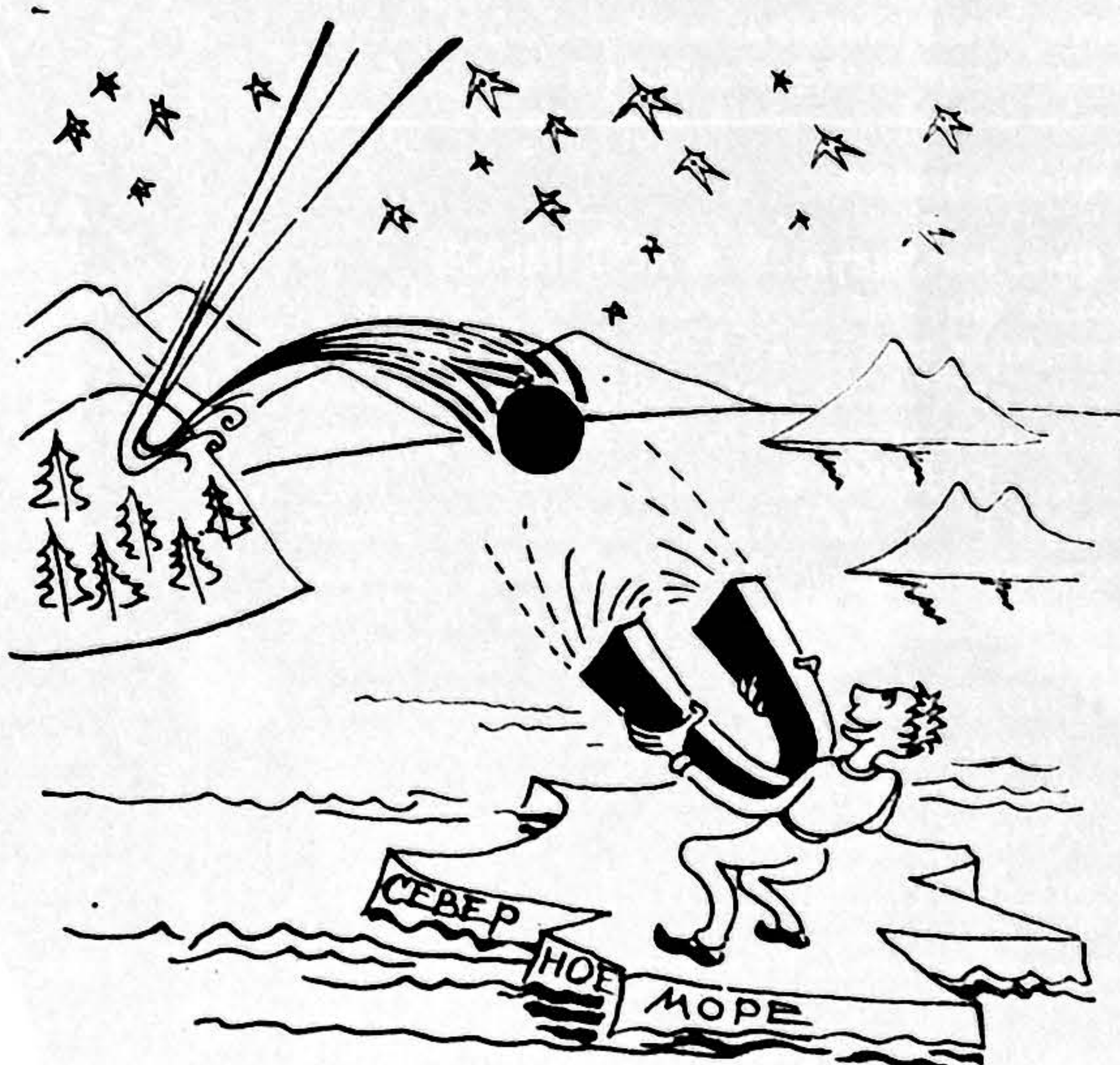
«Я согласно своей гипотезы излагаю: метеорит упал возле Подкаменной Тунгуски со склизом, получил от земли сильную отдачу, припрыгнул вверх, как мяч, а движущийся за

ним воздух большой силы подхватил его и отбросил в Северное море, потому что море притянуло его своим магнитом. Вот так я толкую о метеорите.

П. К.
Симферополь

«В 1908 г. 16 июня (старого стиля) я вел лошадей в ночное на пастбище, сидел верхом на лошади, а впереди меня была луна, и я как раз в это время глядел на нее. Вдруг от луны отделился большой кусок и медленно упал вниз, все время набирая скорость. Он стал быстро крошиться, сначала на две части, затем на три, четыре и т. д. Я полагаю, что космический гость, упавший на Подкаменной Тунгуске, — несомненно тот самый кусок, что я видел, который отвалился от луны. Вероятно, на луне было большое вулканическое извержение.»

И. В.
Кемеровская область



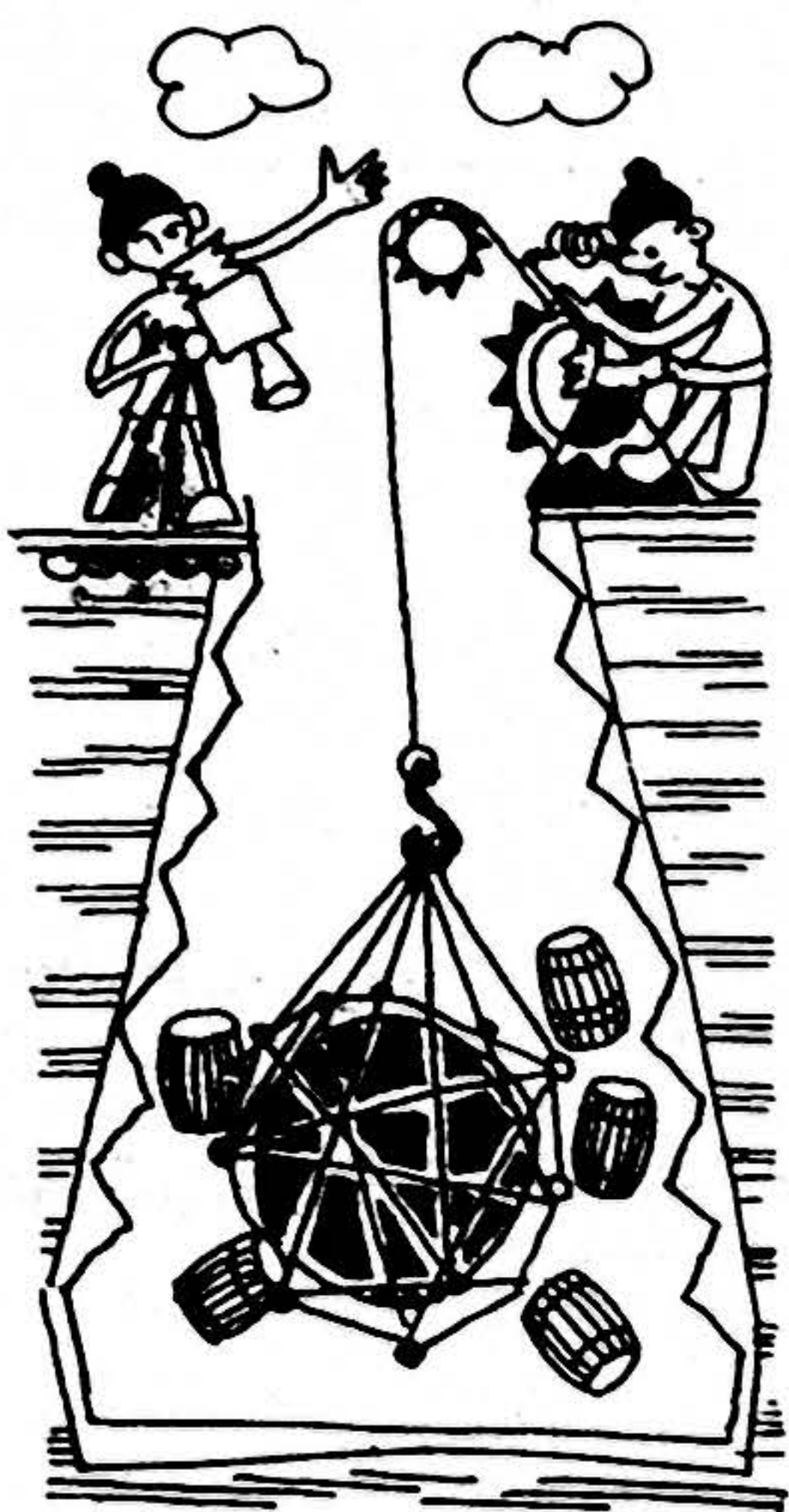
«Прилетел обычный метеорит типа болид. При проходе воздушной толщи метеорит раскалился и со скоростью 40—50 км/сек упал в болото, пробил пласт вечной мерзлоты и достиг подпочвенных вод. Соприкасаясь непосредственно с водой, раскаленная масса метеорита испаряла ее и разлагала на составные химические элементы: кислород и водород. Таким образом, под раскаленным небесным телом, достигавшим более километра в диаметре, образовалась своеобразная газовая подушка, оказавшаяся под колоссальным давлением, как в стволе своеобразного миноме-

та. Она остановила движение метеорита вниз, а затем выбросила его наружу. При выходе из ствола воздушная подушка смешалась с воздухом и превратилась в гремучий газ, который и произвел над тайгой взрыв чудовищной мощности. Этим громоподобным взрывом был выкорчеван лес, разбросаны осколки метеорита и деформирована почва болота.»

Н. Ф.
Краснодарский край

«Как достать Тунгусский метеорит? Как нам известно, метеорит находится под озером в грунте на глубине 40—50 м. Его можно достать через шахту-колодец. Работы нужно начинать с начала зимы путем вымораживания. Лед надо начинать вымораживать с диаметра 5—6 м до глубины 10—15 м, откуда начнется дно озера. Чтобы вымораживание шло быстрее, необходимо сделать естественную вентиляцию, которая будет

тянуть тепло снизу наверх, а сверху на дно колодца пойдет холодный воздух. Когда глубина дойдет до метеорита, его надо освободить от земли и сфотографировать. Далее, метеорит надо связать тросами так, чтобы он очутился в сетке. Для облегчения подъема к концу сетки следует прикрепить несколько пустых бочек. Затем можно присту-



пить к затоплению колодца. После затопления следует приступать к подъему метеорита через таль и блоки.»

С. К.
Московская область

«Метеорит был большим в объеме, содержал железо, а по качеству был очень слабый. Когда он долетел до атмосферы, то стал разрушаться на мелкие пылинки. Когда ядро метеорита и следовавшая за ним пыль коснулись тайги, то она соединила электричество, которое находится в атмосфере, с землей, и тогда началось разрушение. Сначала разрушение было небольшое, так как объем пыли был малый. Когда метеоритная пыль опускалась, занимая все большую и большую площадь, то все больше увеличивался и электрический поток. Электроволна уничтожала не только там, где лес покрывался пылью, но и распространялась по тайге дальше. Разруше-



ние произошло не на квадратной площади, а продолговатой полосой, так как метеоритную пыль несло течение воздуха. Когда верхняя часть метеоритной пыли опустилась ниже, тогда катастрофа прекратилась.»

Е. М.
Тульская область

Рисунки В. ТКАЧЕВОЙ

Орган Секции физико-технических и математических наук,
Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН
Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOV, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кандидат физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ, доктор геол.-мин. наук Ю. М. ШЕЙНМАНН

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

2-я типография издательства «Наука». Москва Г-99, Шубинский пер., 10

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Адрес редакции: Москва, В-333,
Ленинский пр., д. 61/1
тел. 135-64-81
135-63-08



Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: И. П. Громова,
Г. Н. Нелидова

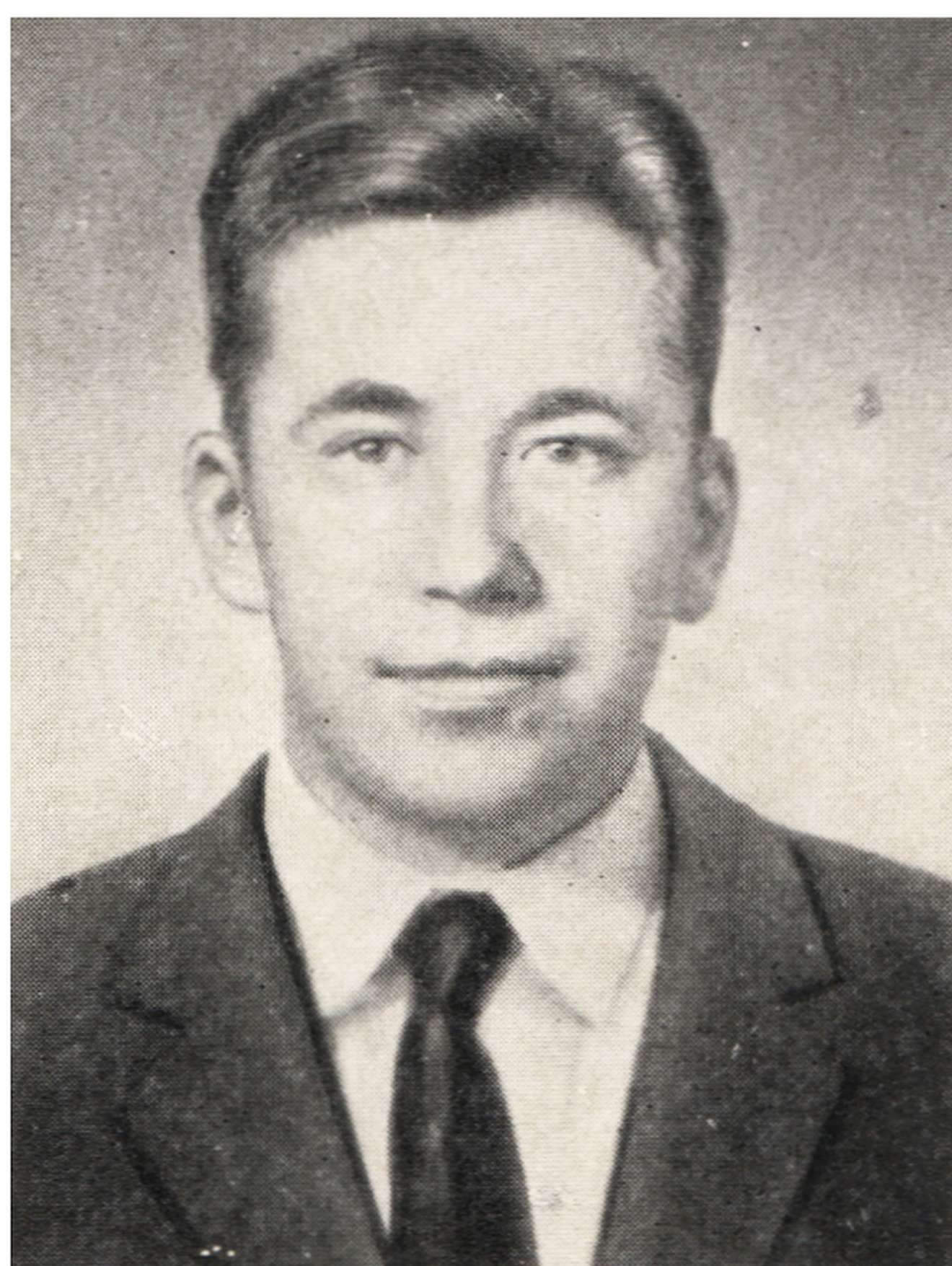
Т-01524 Подл. в печать 1/II 1971 г.
Формат бум. 84×108^{1/16}. Бум. л. 2,5
Печ. л. 5,0(8,4). Уч.-изд. л. 10,4+1 вкл.
Тираж 41.500 экз. Заказ 1330. Цена 40 коп.

«Земля и Вселенная» приветствует геофизиков

и астрономов— новых членов Академии наук СССР



Академик Александр Михайлович ОБУХОВ — директор Института физики атмосферы АН СССР. Цикл работ А. М. Обухова и А. Н. Колмогорова — фундаментальный вклад в современную механику турбулентных течений.



Член - корреспондент Академии наук СССР Сергей Александрович ФЕДОТОВ — заведующий лабораторией сейсмичности тихоокеанского пояса Института физики Земли имени О. Ю. Шмидта АН СССР. С. А. Федотов составил первый в мире долгосрочный сейсмический прогноз для тихоокеанской зоны Камчатки и Курильских островов.



Член - корреспондент Академии наук СССР Всеволод Сергеевич ТРОИЦКИЙ — заместитель директора Научно - исследовательского радиофизического института. Работы В. С. Троицкого в области радиоастрономии оцениваются как пионерские.



Член - корреспондент Академии наук СССР — Геннадий Павлович КАЛИНИН — заведующий кафедрой гидрологии суши МГУ. Исследования Г. П. Калинина и его учеников являются большим достижением в развитии науки о жидкой оболочке Земли.



Член - корреспондент Академии наук СССР Виталий Васильевич БОГОРОДСКИЙ — руководитель отдела радиофизических океанографических исследований ордена Ленина Арктического и Антарктического научно-исследовательского института. В. В. Богородский известен исследованиями в области геофизики Северного Ледовитого и Южного океанов

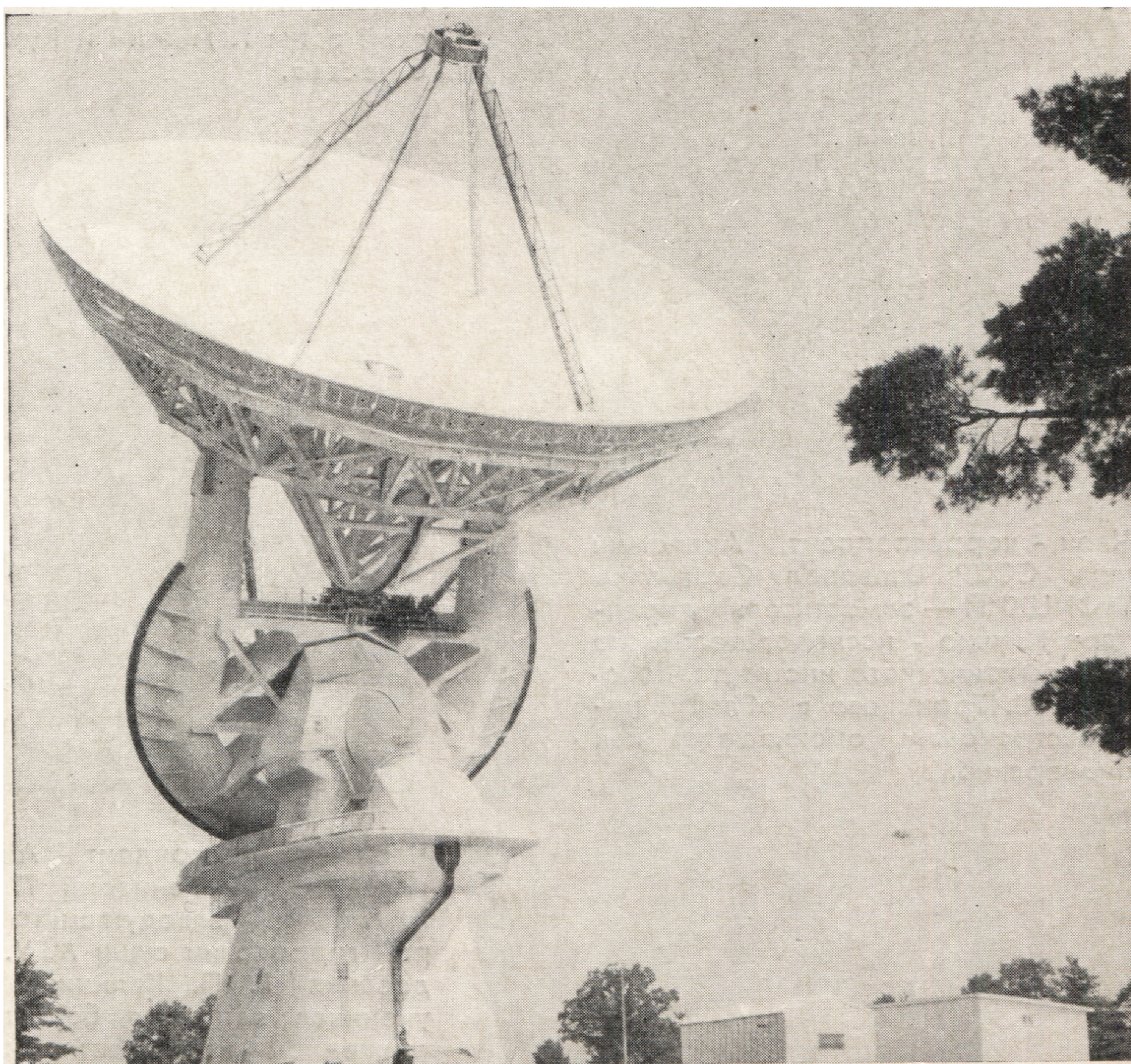


Член - корреспондент Академии наук СССР Андрей Петрович КАПИЦА — председатель Дальневосточного научного центра. А. П. Капица — главный редактор реферативного журнала «Геофизика».

Цена 40 коп.

Индекс 70336

Радиотелескоп Крымской астрофизической обсерватории АН СССР в Симеизе с диаметром параболического зеркала 22 м (вверху) и радиотелескоп Национальной радиоастрономической обсерватории в Грин-Бенк (США) с диаметром зеркала 42 м, составляющие межконтинентальный радиоинтерферометр



Издательство
«Наука»